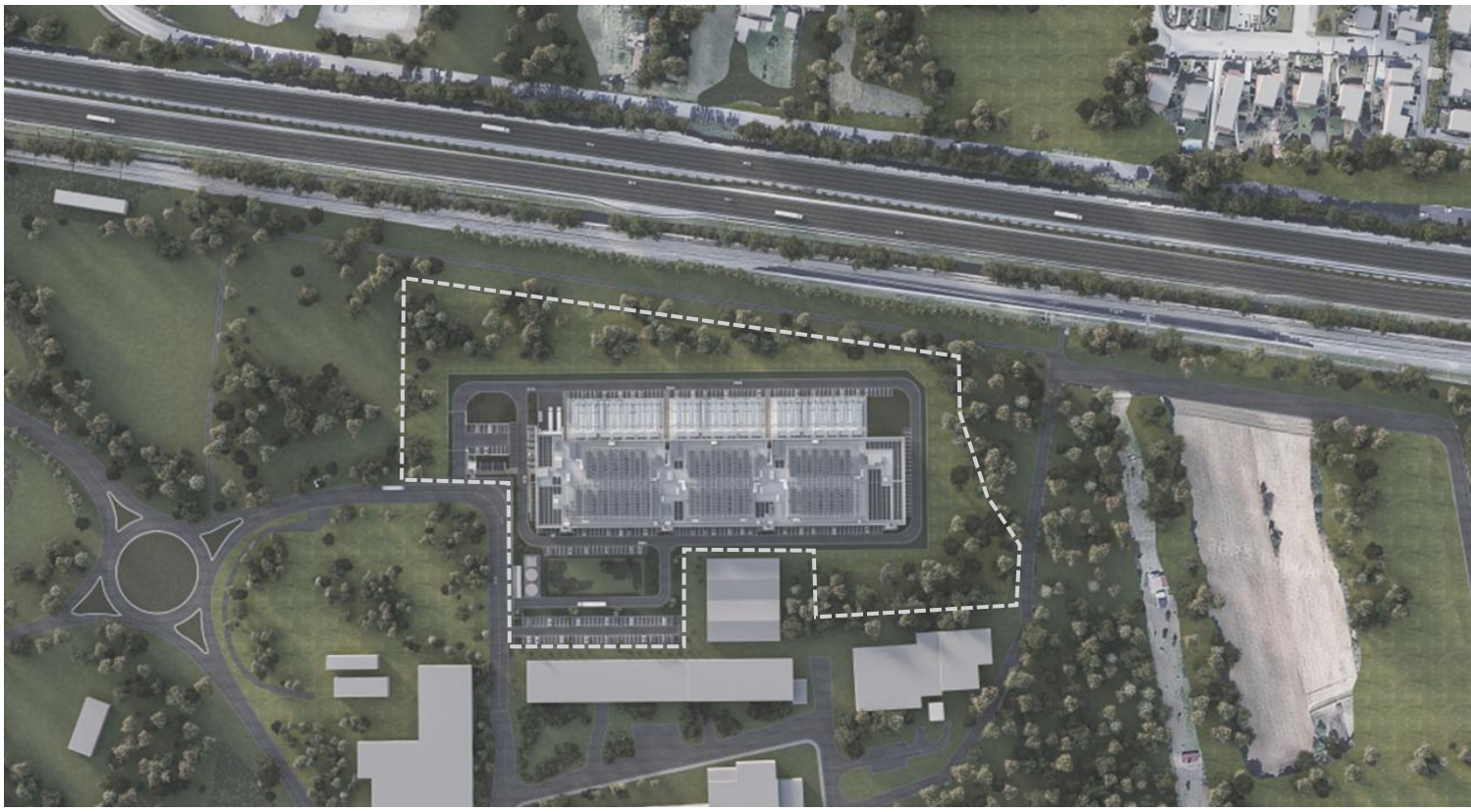
HSMXP1 – Campus Sedriano

Progetto per un nuovo Data Center in via Luigi Galvani a Sedriano, MI, Italy



HSMXP1SDR_SIA21

TITOLO DEL DOCUMENTO:

Life Cycle Assessment

PROCEDURA:

Valutazione di impatto ambientale per l'installazione di gruppi elettrogeni di emergenza con potenza maggiore di 150 MWt

D.Lgs 152/2006, Titolo III.

D.Lgs 152/2006, art. 2, Allegato II, alla parte seconda – progetti di competenza statale.

DATA:

8 maggio 2026

NOME FILE:

HSMXP1SDR_SIA21_Life Cycle Assessment.pdf

AUTORE:

Lombardini22 – Ing. Roberto Cereda

FIRMA DIGITALE:

Ing. Roberto Cereda

Iscritto all'Ordine Degli Ingegneri di Brescia al n. 2609

PROGETTO:	HS MXP1 SDR
INDIRIZZO:	Via Luigi Galvani S/N, Sedriano, MI, Italy
TITOLO DOCUMENTO:	Life Cycle Assessment
DESCRIZIONE	Life Cycle Assessment
IDENTIFICATORE:	HSMXP1SDR_SIA21_Life Cycle Assessment
AUTORE:	Lombardini22 – Ing. R. Cereda
DATA:	08/05/2026
REVISIONE:	REV.00
CARTELLA VIA:	

PROPONENTE:	**MINERVA ITALY DC SPV S.R.L.**
PROPRIETÀ DELLE AREE:	**MINERVA ITALY DC SPV S.R.L.**
SVILUPPATORE:	**HSCALE**

Lombardini22 Spa
Via Lombardini 22
20143, Milano
+39 02 36596200
lombardini22@legalmail.it
www.lombardini22.com
Azienda certificata ISO 9001:201
Certif. n. 50 100 8319 da TUV Italia

Studio Tecnico Castelli s.r.l.
Via prof. Monteggia 38
21014 – Laveno Mombello (VA)
+39 0332 651693
info@pec.studiotecnicocastelli.eu
www.studiotecnicocastelli.eu

Black & White Engineering
Office No. 1801
Marina Plaza
Dubai Marina
PO Box 27793
+971 4 365 2228
www.bw-engineering.com

© Il presente documento è di proprietà esclusiva. è vietata la riproduzione o comunicazione a terzi del contenuto senza preventiva autorizzazione.

HSMXP1SDR_SIA21_LCA - Life Cycle Assessment

HSCALE
25 Soho Square, London W1D 3QR
+44 20 3334 8385
info@hscaledc.com

MXP1, Progetto Nuovo Data Center in Sedriano
Via Galvani
20018 Sedriano, Italy

VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE PER L'INSTALLAZIONE DI GRUPPI ELETTROGENI DI EMERGENZA CON POTENZA MAGGIORE DI 150 MWT
D.Lgs 152/2006, Titolo III.
D.Lgs 152/2006, art. 2, Allegato II, alla parte seconda – progetti di competenza statale.

Life Cycle Assessment

Documento
HSMXP1SDR_SIA21_LCA - Life Cycle Assessment

Data
8 Maggio 2026

Revisione
V.00

Il tecnico
Ing. Roberto Cereda
Lombardini22 S.p.A.

SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE LCA	4
2.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	5
3.	METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA	9
3.1.	Software	10
3.2.	Quadro normativo	10
3.3.	System Boundary	11
3.4.	Categorie di impatto	13
3.5.	Building elements	14
4.	ANALISI LCA di MXP1	15
4.1.	Dati iniziali	15
4.2.	Fonte dei dati	15
4.3.	Strategia sui materiali	16
4.4.	Strategie impiantistiche	22
5.	RISULTATI LCA DI MXP1	23
5.1.	Riepilogo dei risultati LCA materiali – Embodied impact	23
5.2.	Riepilogo dei risultati LCA energia – Operational impact	24
5.3.	Grafici materiali - Embodied impact	25
5.3.1.	Grafico 1: Global warming potential (GWP) per fase del ciclo di vita	25
5.3.2.	Grafico 2: Global warming potential (GWP) per elemento costruttivo	26
5.3.3.	Grafico 3: Ozone depletion potential (ODP) per fase del ciclo di vita	27
5.3.4.	Grafico 4: Ozone depletion potential (ODP) per elemento costruttivo	28
5.3.5.	Grafico 5: Acidification potential (AP) per fase del ciclo di vita	29
5.3.6.	Grafico 6: Acidification potential (AP) per elemento costruttivo	30
5.3.7.	Grafico 7: Eutrophication potential – fresh water (EP – fresh water) per fase del ciclo di vita	31
5.3.8.	Grafico 8: Eutrophication potential – fresh water (EP – fresh water) per elemento costruttivo	32
5.3.9.	Grafico 9: Eutrophication potential – acquatic marine (EP – acquatic marine) per fase del ciclo di vita	33
5.3.10.	Grafico 10: Eutrophication potential – acquatic marine (EP – acquatic marine) per elemento costruttivo	34

5.3.11. Grafico 11: Eutrophication potential – terrestrial (EP – terrestrial) per fase del ciclo di vita 35
5.3.12. Grafico 12: Eutrophication potential – terrestrial (EP – terrestrial) per elemento costruttivo 36
5.3.13. Grafico 13: Formation of ozone of lower atmosphere (POCP) per fase del ciclo di vita 37
5.3.14. Grafico 14: Formation of ozone of lower atmosphere (POCP) per elemento costruttivo 38
5.3.15. Grafico 15: Abiotic depletion potential – non fossil (ADP – non fossil) per fase del ciclo di vita 39
5.3.16. Grafico 16: Abiotic depletion potential – non fossil (ADP – non fossil) per elemento costruttivo 40
5.3.17. Grafico 17: Abiotic depletion potential – fossil (ADP – fossil) per fase del ciclo di vita 41
5.3.18. Grafico 18: Abiotic depletion potential – fossil (ADP – fossil) per elemento costruttivo 42
5.3.19. Grafico 19: Water use per fase del ciclo di vita 43
5.3.20. Grafico 20: Water use per elemento costruttivo 44
5.3.21. Grafici energia - Operational impact 45
5.3.22. Grafico 21: Global warming potential (GWP) per fase del ciclo di vita 45
5.3.23. Grafico 22: Ozone depletion potential (ODP) per fase del ciclo di vita 46
5.3.24. Grafico 23: Acidification potential (AP) per fase del ciclo di vita 47
5.3.25. Grafico 24: Eutrophication potential – fresh water (EP – fresh water) per fase del ciclo di vita 48
5.3.26. Grafico 25: Eutrophication potential – acquatic marine (EP – acquatic marine) per fase del ciclo di vita 49
5.3.27. Grafico 26: Eutrophication potential – terrestrial (EP – terrestrial) per fase del ciclo di vita 50
5.3.28. Grafico 27: Formation of ozone of lower atmosphere (POCP) per fase del ciclo di vita 51
5.3.29. Grafico 28: Abiotic depletion potential – non fossil (ADP – non fossil) per fase del ciclo di vita 52
5.3.30. Grafico 29: Abiotic depletion potential – fossil (ADP – fossil) per fase del ciclo di vita 53
5.3.31. Grafico 29: Water use per fase del ciclo di vita 54

5.4. Considerazioni finali 55

1. INTRODUZIONE LCA

La valutazione del ciclo di vita (LCA) è un metodo utilizzato per valutare gli impatti ambientali di un prodotto, di un processo o di un'attività durante il suo intero ciclo di vita, dall'estrazione delle materie prime allo smaltimento. Aiuta le parti interessate a identificare le aree di miglioramento, a minimizzare gli oneri ambientali e a prendere decisioni verso la sostenibilità. L'LCA considera fasi come l'estrazione delle risorse, la produzione, il trasporto, l'uso e lo smaltimento/riciclaggio e inoltre promuove la trasparenza, la responsabilità e l'innovazione, guidando gli sforzi verso un futuro più sostenibile.
L'LCA, inoltre, analizza il consumo di energia, le emissioni e la produzione di rifiuti, consentendo il confronto tra prodotti o processi diversi, permettendo alle parti interessate di valutare i compromessi e prendere decisioni. Che si tratti di valutare l'impatto ambientale dei materiali di imballaggio, dei metodi di produzione dell'energia o dei sistemi di trasporto, l'LCA offre un quadro standardizzato per condurre valutazioni obiettive e promuovere un miglioramento continuo verso pratiche più sostenibili.

Per chiarire, il **settore delle costruzioni** a livello mondiale contribuisce al **39% delle emissioni globali di anidride carbonica di cui l'11%** di questa quota è legata alla fase di produzione dei materiali **(embodied carbon) mentre il 28%** è legata all'energia operativa **(operational carbon).**
È urgente che le aziende inizino ad adottare un approccio circolare al settore delle costruzioni per ridurre le emissioni di carbonio e l'uso di risorse. La produzione della maggior parte dei componenti edilizi richiede grandi quantità di risorse materiali ed energetiche, di conseguenza la necessità di migliorarne l'efficienza aumenterà di pari passo con la crescita della domanda. L'economia circolare rappresenta un modo per superare la contraddizione tra crescita economica e sostenibilità ambientale, passando dall'attuale modello di business lineare (prendere, produrre, usare e smaltire) a un modello di business circolare (ridurre, riutilizzare, riciclare e recuperare).

Pertanto, l'attenzione deve essere rivolta a ridurre radicalmente le emissioni associate alla progettazione, alla costruzione e al funzionamento degli edifici e life cycle assessment rappresenta il mezzo per comprenderne e valutarne l'impatto ambientale.
La categoria di impatto più comunemente trattata dall'LCA è il potenziale di riscaldamento globale, noto anche come impronta di carbonio che quantifica l'impatto dei gas serra sul pianeta. Altre categorie di impatto comuni sono la riduzione dell'ozono, l'acidificazione, l'eutrofizzazione e la formazione di smog.

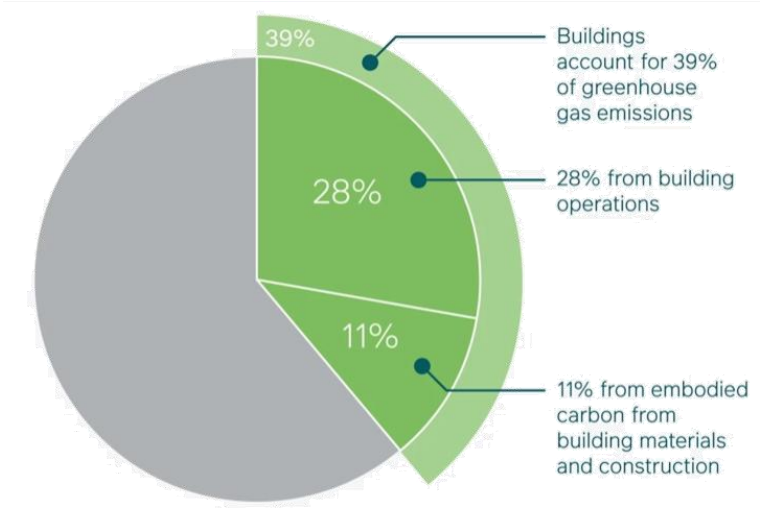


Figura 1: Quota emissioni di carbonio provenienti dal settore delle costruzioni

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto prevede l'insediamento di un polo di alta tecnologia composto da 3 edifici adibiti a Data Center. L'ingresso principale è situato nella parte ovest del lotto da Via Galvani per consentire l'accesso agli autocarri pesanti (HGV); una guardiola controlla l'accesso al lotto.
Gli edifici sono orientati sull'asse est-ovest al centro del lotto, con una viabilità ad anello che lo circonda; tutto intorno all'edificio è prevista una sezione stradale di 6,5 m.
L'attuale progetto prevede il posizionamento dei generatori e power modules a livello del suolo posizionati su una struttura in calcestruzzo prefabbricato a due livelli. I gruppi frigo ("chillers") sono posizionati su una struttura in carpenteria metallica ("Gantry") in copertura insieme ai serbatoi inerziali. La struttura "Gantry" in copertura che ospita i chiller e i serbatoi è racchiusa da una barriera acustica in alluminio alta 4 metri.

Il primo edificio (l'edificio più ad ovest) e il terzo edificio (l'edificio più ad est) sono composti da due blocchi principali: il **blocco Datacenter** e il **blocco uffici**. L'edificio centrale invece, è costituito solamente da un unico blocco destinato a Datacenter. Sia il blocco uffici sia il blocco Datacenter di ogni edificio sono composti da due livelli (Piano terra e Primo piano).
Gli spazi principali all'interno del **blocco Datacenter** sono: le sale dati e i corridoi tecnici adiacenti alle sale (MEP Gallery). Sul lato nord di ciascuna data hall è inoltre posizionato il corridoio di distribuzione e i locali elettrici insieme ai locali batterie. In totale, sono previste 6 sale dati da 8 MW ciascuna per un totale di **48 MW IT**.
I due **blocchi uffici** comprendono sia spazi di lavoro per il personale del sito sia spazi di supporto al Datacenter come la baia di carico (edificio ad ovest), reception, locali IT di supporto, magazzini, servizi igienici e spogliatoi.

Figura 2: Planimetria generale del progetto

Di seguito si riportano le principali tipologie costruttive adottate all'interno del progetto:

- **Data Hall e MEP Gallery:**
  - Struttura: cemento prefabbricato (pilastri, travi e tegoli "doppia-T");
  - Fondazioni: plinti con pali e travi porta pannello in cemento armato gettati in opera;
  - Involucro:
    - Facciata: pannelli in cls prefabbricati a doppia lastra;
    - Porte: porte metalliche;
    - Copertura: membrana bituminosa in TPO ardesiata bianca, sistema Leak Detection semplice in tessuto in fibra di vetro, pannello isolante PIR con resistenza a compressione, barriera al vapore.
    - Volumi in copertura: pannelli sandwich su sottostruttura metallica;
    - Barriera acustica: pannellature fonoisolanti e fonoassorbenti su carpenteria metallica;
  - Interni:
    - Controsoffitti: Controsoffitto strutturale metallico tipo Kingspan Tate Strut;
    - Pavimenti:

        - PT: solaio strutturale, misto granulare compatto, foglio di polietilene, pavimento industriale;
        - P1: solaio strutturale, isolamento XPS, barriera al vapore, pavimento industriale;
    - Partizioni interne:
        - parete di separazione tra Data Hall e MEP Gallery: lamiera metallica su sottostruttura metallica;
        - parete di separazione verso i corridoi e verso il blocco uffici: parete costituita da 2 lastre in cartongesso ignifughe su ciascun lato, isolamento in lana e sottostruttura metallica;
        - parete di separazione tra corridoi e locali elettrici: parete costituita da 2 lastre in cartongesso standard su ciascun lato, isolamento in lana e sottostruttura metallica;
        - parete di separazione tra corridoi e cavedi: parete costituita da 2 lastre in cartongesso standard su ciascun lato, isolamento in lana e sottostruttura metallica;
    - Porte: porte metalliche;

- **Uffici:**
    - Struttura: cemento prefabbricato (pilastri, travi e tegoli "doppia-T");
    - Fondazioni: plinti con pali e travi porta pannello in cemento armato gettati in opera;
    - Involucro:
        - Facciata:
            - pannelli in cls prefabbricati a doppia lastra;
        - Copertura: pacchetto composto da membrana bituminosa, pannello isolante in PIR, sistema Leak Detection in tessuto in fibra di vetro, barriera al vapore;
        - Porte:
            - porte metalliche;
            - porte in legno per i bagni;
            - Porta vetrata d'ingresso;
            - Portone avvolgibile baia di carico;
        - Volumi in copertura: pannelli sandwich;
    - Interni:

- Controsoffitti:
    - Uffici: controsoffitto ispezionabile a quadrotte in pannelli in lana di roccia;
    - Bagni: controsoffitto in lastra di gesso idrorepellente rivestito;
    - Filtri: controsoffitto autoportante antincendio con lastre di calcio silicato;
- Pavimenti:
    - Uffici PT: pavimento strutturale, strato di separazione, pannello isolante Foamglas, massetto alleggerito, strato di separazione, massetto armato, autolivellante, finitura vinilica;
    - Bagni e spogliatoi PT: pavimento strutturale, strato di separazione, panello isolante in Foamglas, massetto alleggerito, strato di separazione, massetto armato, finitura in gres porcellanato;
    - Locali tecnici, magazzini e vano scale PT: pavimento strutturale, strato di separazione, pannello isolante in Foamglas, pavimento industriale;
    - Lobby PT: pavimento strutturale, strato di separazione, pannello isolante in Foamglas, massetto alleggerito, strato di separazione, massetto armato, finitura in gres porcellanato;
- Partizioni interne:
    - Partizioni orizzontali:
        - Uffici P1: solaio strutturale, pannello isolante in XPS, massetto alleggerito, materassino acustico in gomma, massetto armato, autolivellante, finitura vinilica;
        - Depositi e locali tecnici P1 e P2: solaio strutturale, pannello isolante in XPS, materassino acustico, pavimento industriale;
        - Bagni e spogliatoi P1: solaio strutturale, pannello in XPS, barriera al vapore, massetto alleggerito, materassino acustico, massetto armato, impermeabilizzante, finitura in gres porcellanato;
    - Partizioni verticali:

        - Uffici, Locali tecnici, storage, Lobby: parete costituita da 2 lastre in cartongesso su ciascun lato, isolamento in lana minerale e sottostruttura metallica;
        - Bagni: parete costituita da 1 lastra in cartongesso idrorepellente e 1 lastra in cartongesso standard, sottostruttura metallica;
    - Porte:
        - Uffici e locali di supporto: porte metalliche;
        - Bagni: porte in legno;
        - Lobby: porte in vetro;
    - Finestre: serramenti con profili metallici estrusi a taglio termico in alluminio;
    - Vano scale: vano scale e ascensori in pannelli prefabbricati in cemento a doppia lastra.

- **Aree tecniche esterne "Gantry":**
    - Recinzione: recinzione metallica;
    - Struttura: struttura in calcestruzzo prefabbricato (travi e pilastri);
    - Involucro: pannelli in calcestruzzo prefabbricato a doppia lastra;
    - Pavimento:
        - Controterra: platea in cemento armato;
        - Primo piano: grigliato metallico;
    - Involucro generatori: pannelli metallici;
    - Involucro power modules: pannelli sandwich;
    - Porte: cancello metallico.

- **Aree esterne:**
    - Aree verdi;
    - Pavimentazione viabilità interna pedonale in cemento armato;
    - Pavimentazione viabilità interna stradale in asfalto;
    - Volumi esterni: pannello sandwich, su carpenteria metallica, coibentato in lana di roccia;
    - Sottostazione: involucro prefabbricato in cemento.

3. METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA

3.1. Software

L'analisi è stata effettuata con il software **One Click LCA**. Il software possiede 11 certificazioni di terze parti ed è conforme a oltre 30 certificazioni e standard per la valutazione del ciclo di vita ed il calcolo dei costi del ciclo di vita, comprese tutte le versioni di LEED e BREEAM. Il software include database globali e locali curati e verificati. L'elenco aggiornato dei database integrati è disponibile all'indirizzo: https://www.oneclicklca.com/support/faq-and-guidance/documentation/database/.

One Click LCA è stato verificato da ITB per la conformità ai seguenti standard LCA: EN 15978, ISO 21931-1 e ISO 21929, e ai requisiti dei dati di ISO 14040 e EN 15804. La documentazione completa sulla conformità è disponibile all'indirizzo:
https://www.oneclicklca.com/support/faq-and-guidance/documentation/compliancy-and certifications/.

ITB è un'organizzazione di certificazione e un Organismo Notificato (registrazione CE n. 1488) della Commissione Europea designato per la certificazione dei prodotti da costruzione. Il Consiglio di accreditamento polacco assicura l'indipendenza e l'imparzialità dei servizi ITB (i certificati di accreditamento sono: AB 023, AC 020, AC 072, AP 113). Le attività di ITB sono condotte in conformità ai requisiti dei seguenti standard di garanzia: ISO 9001, ISO/IEC 27001, ISO/IEC 17025, EN 45011 e ISO/IEC 17021.
Lo strumento supporta la metodologia di caratterizzazione CML e la metodologia di caratterizzazione TRACI. Tutti gli insiemi di dati presenti nello strumento sono conformi agli standard ISO 14040/14044 e alla norma EN 15804.

3.2. Quadro normativo

Il Life Cycle Assessment viene eseguito in base a standard internazionali.
In particolare, tutte le valutazioni del ciclo di vita di edifici e opere di ingegneria civile fornite dalla piattaforma One Click LCA sono conformi ai seguenti **standard internazionali**:

ISO 14040	Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento.
ISO 14044	Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida.
ISO 21930	Sostenibilità negli edifici e nelle opere di ingegneria civile - Regole fondamentali per le dichiarazioni ambientali di prodotto dei prodotti e dei servizi da costruzione.

Gli strumenti della piattaforma LCA One Click utilizzati in ambito europeo sono conformi ai seguenti **standard europei**:

EN 15978	Sostenibilità delle opere di costruzione - Valutazione delle prestazioni ambientali degli edifici - Metodo di calcolo.
EN 15804+A2	Sostenibilità delle opere di costruzione - Dichiarazioni ambientali di prodotto - Regole fondamentali per la categoria dei prodotti da costruzione.

3.3. System Boundary

La norma internazionale ISO 21930 e la norma europea EN 15804 definiscono un modello comune di ciclo di vita per le opere edili e di costruzione. Il modello del ciclo di vita comprende definizioni modulari per le fasi del ciclo di vita, che consentono di confrontare ciascuna fase in modo isolato con altri progetti.
Le informazioni sulle fasi del prodotto (A1-A3) sono sempre rappresentate in modo combinato per le valutazioni a livello di edificio, così come le fasi di fine vita (C1-C4) nella maggior parte dei casi. A seconda dello scopo della LCA, altre fasi possono essere omesse o sostituite con uno scenario in mancanza di informazioni dettagliate.
La scelta del system boundary varia a seconda del livello di dettaglio richiesto dallo studio, principalmente esistono **quattro tipologie di system boundary:**

- **Cradle to Grave** (dalla culla alla tomba);
- Cradle to cradle (dalla culla alla culla) Include la fase di riciclo e riuso;
- Cradle to gate (dalla culla al cancello) Viene esclusa la fase di utilizzo;
- Gate to gate (dal cancello al cancello) Sola fase di fabbricazione e assemblaggio.

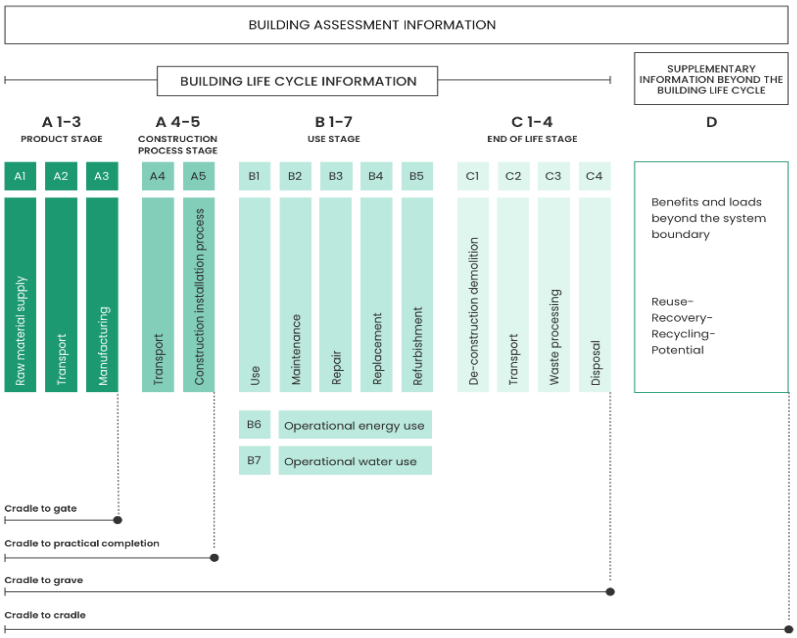


Figura 3: Informazioni sul ciclo di vita dell'edificio e fasi del ciclo di vita

Il system boundary considerato per l'analisi LCA di **MXP1** è Cradle-to-grave. Infatti, sono stati considerati gli impatti ambientali dalla culla alla tomba associati a tutte le fasi del ciclo di vita dei materiali da costruzione, come definito nelle sezioni A-1 - A-5, B-1 - B-7 e C-1 - C-4.
Di seguito viene fornita una descrizione delle fasi considerate nella presente valutazione:

- **A1-A3 Materiali da costruzione:** fornitura di materie prime (A1) comprende le emissioni generate quando le materie prime vengono estratte, trasportate alle unità industriali per la lavorazione e trasformate. Si tiene conto anche della perdita di materie prime e di energia. Gli impatti del trasporto (A2) comprendono le emissioni di scarico derivanti dal trasporto di tutte le materie prime dai fornitori all'impianto di produzione del produttore, nonché gli impatti della produzione di combustibili. Gli impatti della produzione (A3) riguardano la fabbricazione dei materiali di produzione e dei combustibili utilizzati dalle macchine, nonché la gestione dei rifiuti formatisi nei processi di produzione presso gli impianti di produzione del produttore fino allo stato di end-of-waste.
- **A4 Trasporto al cantiere:** comprende le emissioni di gas di scarico derivanti dal trasporto del prodotto edilizio dallo stabilimento di produzione del produttore al cantiere, nonché gli impatti ambientali della produzione del combustibile usato;
- **A5 Processo di installazione della costruzione:** include l'energia e le emissioni associate all'assemblaggio e all'installazione in loco dei componenti dell'edificio. I processi che hanno luogo durante questa fase possono variare da semplici attività come la verniciatura e il cablaggio ad attività più energivore come la saldatura e il getto di calcestruzzo;
- **B1-B5 Manutenzione e sostituzione dei materiali:** gli impatti ambientali della manutenzione e delle sostituzioni di materiali (B1-B5) comprendono gli impatti ambientali derivanti dalla sostituzione dei prodotti edilizi al termine della loro vita utile. Le emissioni coprono gli impatti derivanti dall'approvvigionamento delle materie prime, dal trasporto e dalla produzione del nuovo materiale da sostituire, nonché gli impatti derivanti dalla produzione del materiale da sostituire e dalla gestione dei rifiuti fino allo stato di end-of-waste;
- **B6 Consumo energetico operativo:** comprende gli impatti ambientali assocciati al consumo energetico operativo dell'edificio. Questa fase valuta l'energia richiesta per il riscaldamento, il raffreddamento, l'illuminazione e altre funzioni durante l'uso dell'edificio.
- **B7 Consumo idrico operativo**: comprende gli impatti ambientali associati ai consumi idrici nell'edificio, dall'acqua del rubinetto all'acqua utilizzata negli elettrodomestici e in tutti i sistemi installati che utilizzano l'acqua per il loro funzionamento.
- **C1-C4 Decostruzione**: gli impatti della decostruzione comprendono gli impatti del trattamento dei flussi di rifiuti da costruzione riciclabili per il riciclaggio (C3) fino alla fase finale dei rifiuti o gli impatti del pre-trattamento e dello smaltimento in discarica per i flussi di rifiuti che non

possono essere riciclati (C4) in base al tipo di materiale. Inoltre, gli impatti della decostruzione includono le emissioni causate dal recupero energetico dei rifiuti.

3.4. Categorie di impatto

I risultati dell'LCA si ottengono con una metodologia chiamata caratterizzazione, che descrive l'impatto ambientale di una determinata emissione. One Click LCA implementa più metodologie di caratterizzazione. Quando non è richiesta alcuna metodologia specifica, One Click LCA applica per i clienti europei la metodologia di caratterizzazione prevista dalla norma **EN 15804+A2**, basata sui fattori di caratterizzazione della **PEF (Product Environmental Footprint)** sviluppati dal **Joint Research Centre (JRC) della Commissione Europea**.
Per le categorie di esaurimento delle risorse abiotiche (elementi e combustibili fossili) continuano ad applicarsi i fattori derivati dal metodo **CML-IA v4.**

L'analisi **LCA di MXP1** è stata effettuata attraverso le seguenti **categorie di impatto**:

Impact category	Unit(s)	Description
Global warming potential	kgCO2 eq.	Descrive i cambiamenti nelle temperature superficiali locali, regionali o globali causati dall'aumento della concentrazione di gas serra nell'atmosfera. Le emissioni di gas serra derivanti dalla combustione di combustibili fossili sono fortemente correlate all'acidificazione e allo smog. Si chiama "Carbon footprint".
Acidification potential	Mol H+ eq.	Descrive l'effetto acidificante delle sostanze presenti nell'ambiente. Sostanze come l'anidride carbonica si dissolvono facilmente nell'acqua, aumentandone l'acidità e causando danni agli ecosistemi acquatici.
Eutrophication potential	• Terrestrial – Mol N eq. • Marine – Kg N eq. • Freshwater – Kg Pe	Descrive l'effetto dell'aggiunta di nutrienti minerali al suolo o all'acqua, che porta alcune specie a dominare un ecosistema, compromettendo la sopravvivenza di altre specie e talvolta provocando la morte di intere popolazioni animali.
Ozone depletion potential	kgCFC11eq	Descrive l'effetto delle sostanze presenti nell'atmosfera di degradare lo strato di ozono, che assorbe e impedisce ai raggi UV solari nocivi di raggiungere la superficie terrestre.
Formation of ozone of lower atmosphere ("tropospheric")	Kg NMVOC nt	Descrive l'effetto delle sostanze presenti nell'atmosfera che creano lo smog fotochimico. Conosciuto anche come smog estivo.

Abiotic depletion potential (ADP)	• Non-fossil - kg Sb eq. • Fossil - MJ	Descrive la riduzione della quantità globale di materie prime non rinnovabili e viene determinato per ogni estrazione di minerali e combustibili fossili in base alle riserve rimanenti e al tasso di estrazione.
Water use	m^3	Quantifica il potenziale di sottrazione di acqua disponibile a umani ed ecosistemi conseguente al consumo di risorsa idrica di un prodotto o di un sistema.

3.5. Building elements

Nello studio di analisi LCA sono stati inclusi gli elementi costruttivi di seguito elencati:

Category	Element	Included in this study
1. Foundations and substructures	Foundations	Yes
2. Vertical structures and facade	Columns	Yes
	Load-bearing wall	Yes
	Exterior and Semi-exterior Walls	Yes
	Interior Partitions	Yes
	Wall finishes	Yes
3. Horizontal structures: beams, floors and roofs	Slab on Grade	Yes
	Slab	Yes
	Beams	Yes
	Floor Construction	Yes
	Ceiling	Yes
	Floor / Ceiling Finishes	Yes
	Roof Construction	Yes
	Roof Coverings	Yes
4. Other structures and materials	Exterior Windows	Yes
	Exterior Area	Yes
	Exterior Doors	Yes
	Interior Doors	Yes

4. ANALISI LCA DI MXP1

4.1. Dati iniziali

Nella tabella seguente sono sintetizzati i **parametri chiave** dell'analisi LCA condotta per il Data Center MXP1.

Parametro	Descrizione
Tipo di edificio	Data Center
GFA	33.616 mq
Vita utile richiesta	50 anni per l'edificio
Tipo di intervento	Nuova costruzione
System boundary	Cradle to Grave
Metodo di valutazione	Levels valutazione del ciclo di vita (+A2) -> dati EF + CML (EN15804+A2)

4.2. Fonte dei dati

L'analisi è stata condotta basandosi sulle seguenti fonti di dati:

Tipo di dati	Fonte dei dati
Quantità di materiale (A1-A3)	Sono state considerate le quantità precise di tutti i materiali. Le quantità dei materiali sono state calcolate in base ai disegni di progetto, ai computi metrici estimativi e ai modelli BIM.
Distanze di trasporto del materiale (A4)	Scenari di trasporto applicabili a livello regionale da One Click LCA. Rappresentano le distanze e i metodi di trasporto tipici della regione per i tipi di prodotto, che sono rilevanti quando non vengono prese decisioni sui fornitori.
Costruzione e installazione (A5)	Gli impatti si basano sui valori predefiniti conservativi di One Click LCA.
Impatti materiali in uso (B1-B5)	Le vite utili dei materiali si basano sui valori tipici dei materiali in questione, che sono stati esaminati per verificarne la pertinenza con il progetto. I valori sono stati adattati dove necessario. Le attività di manutenzione e riparazione dei materiali non sono state incluse nell'ambito; si è ipotizzato che i materiali vengano sostituiti integralmente al termine della loro vita utile.
Consumo energetico della fase d'uso (B6)	Gli impatti si basano sull'analisi energetica dettagliata eseguita per questo progetto.
Fase di utilizzo acqua consumo di acqua (B7)	Gli impatti sono stati omessi da questa analisi poiché non mandatory.
Impatti a fine vita (C1-C4)	Gli impatti di fine vita sono basati sugli scenari di One Click LCA che rappresentano il tipico processo di fine vita per i tipi di materiali in conformità con i requisiti della norma EN 15804+A2.

4.3. Strategia sui materiali

Le emissioni legate al **processo di produzione, costruzione, uso, manutenzione e fine vita dei materiali** creano un impatto ambientale immediato, diretto e irreversibile nel breve periodo. Per tale motivo, sono state adottate le seguenti **strategie sostenibili** per limitare fin da subito le emissioni globali, accelerando i progressi verso gli obiettivi di sostenibilità:

- **Selezione di materiali strutturale a basso impatto:** Data la predominanza delle emissioni derivanti dalla produzione degli elementi strutturali (fase A1-A3), è stata effettuata un'accurata analisi di mercato per confrontare i materiali di diversi produttori al fine di individuare i prodotti con il minor impatto ambientale. L'analisi ha incluso i materiali utilizzati per gli elementi in calcestruzzo prefabbricato, in calcestruzzo gettato in opera, le barre di armatura e i profili in acciaio.
    - **Calcestruzzo prefabbricato**

    Descrizione: Il calcestruzzo prefabbricato rappresenta una delle principali fonti di emissioni di CO_2 nel settore delle costruzioni, principalmente a causa del clinker, componente fondamentale del cemento la cui produzione è altamente energivora e ad elevato impatto emissivo. Nonostante ciò, il prefabbricato presenta anche diversi vantaggi, tra cui durabilità, resistenza al fuoco e una produzione industrializzata più efficiente, caratterizzata da minori sprechi. L'impiego di cementi a basso contenuto di clinker, di materiali alternativi o di processi produttivi ottimizzati può contribuire in modo significativo alla riduzione della relativa impronta ecologica.

    Analisi di mercato: Dall'analisi di mercato è emerso che per le strutture prefabbricate si utilizza il CEM I, poiché l'alto contenuto di clinker consente di ottenere prodotti ad alte prestazioni in tempi di produzione ridotti. L'indagine ha inoltre portato all'identificazione dei tre principali produttori di elementi prefabbricati per datacenter, dai quali sono state raccolte le seguenti informazioni sulle caratteristiche tecniche dei materiali impiegati:

Marca	Tipologia CEM	Clinker	Contenuto di riciclato
Manini	CEM I	95%	6,23%
Moretti	CEM I	95%	0%
Magnetti	CEM I	95%	0%

Confronto ambientale: Per individuare il materiale con il minore impatto ambientale sono state confrontate le prestazioni dei tre prodotti. Sulla base dei dati disponibili dagli EPD, è stato selezionato il prodotto di **Manini**, che presenta il minor valore di CO_2 equivalente nelle

fasi di produzione (A1-A3). Tale risultato è attribuibile agli interventi di efficientamento del sistema produttivo, che hanno consentito una riduzione significativa delle emissioni associate.

Marca	kg CO2e/m³ (A1-A3)	Utilizzato
Manini	5,12E+02	✓
Moretti	6,96E+02	X
Magnetti	5,74E+02	X

- **Calcestruzzo gettato in opera**

  Descrizione: Il calcestruzzo gettato in opera è una delle principali fonti di emissioni di CO_2 nel settore delle costruzioni, soprattutto a causa della produzione di clinker, il componente principale del cemento, che richiede alte temperature ed è molto energivoro. Nonostante i vantaggi legati alla sua adattabilità progettuale e alla produzione direttamente in cantiere, l'impatto ambientale resta elevato. I problemi principali derivano dall'alto consumo energetico, dall'estrazione delle materie prime e dalle difficoltà di riciclo. Tuttavia, l'uso di cementi a basso contenuto di clinker, l'integrazione di materiali riciclati e una maggiore efficienza dei processi produttivi possono contribuire a ridurne l'impronta ecologica.

  Analisi di mercato: Dall'analisi di mercato è emerso che per le strutture in calcestruzzo gettato in opera si utilizza il **CEM II**, tuttavia durante gli ultimi anni è incrementato l'utilizzo di **CEM III** e **CEM IV** con un contenuto ridotto di clinker. L'indagine ha inoltre portato all'identificazione dei tre principali produttori di calcestruzzo, dai quali sono state raccolte le seguenti informazioni sulle caratteristiche tecniche dei materiali impiegati:

Marca	Tipologia CEM	Contenuto di riciclato
Colabeton	CEM II – CEM III – CEM IV	0 - 13%
Holcim	N/A	N/A
Unical	N/A	N/A

  Confronto ambientale: Per individuare il materiale con il minore impatto ambientale sono state confrontate le prestazioni dei tre prodotti. Sulla base dei dati disponibili dagli EPD, è stato selezionato il prodotto di **Colabeton CEM III/B** contenente il 20-34% di clinker e il 12,97% di materiale riciclato, in quanto rappresenta una soluzione

sostenibile con una significativa riduzione della percentuale di clinker e un elevato contenuto di materiale riciclato.

Marca	kg CO2e/m³ (A1-A3)	Utilizzato
Colabeton	1,86E+02	✓
Holcim	2,23E+02	X
Unical	N/A	X

- **Armature in acciaio**

  Descrizione: Le barre d'armatura usate nel calcestruzzo contribuiscono in modo significativo alle emissioni di CO_2 nel settore delle costruzioni, soprattutto perché la loro produzione in acciaio è molto energivora, specialmente durante la fusione e la lavorazione. Sebbene queste barre migliorino la resistenza e la durata delle strutture, l'impatto ambientale rimane elevato, dovuto soprattutto all'estrazione del minerale di ferro e alla produzione dell'acciaio. Tuttavia, l'uso di acciaio riciclato, tecnologie produttive più efficienti e l'ottimizzazione dei processi possono aiutare a ridurre l'impronta ecologica delle barre d'armatura, rendendone l'impiego più sostenibile.

  Analisi di mercato: Dall'analisi di mercato è risultato che vi è un impegno predominante nell'utilizzare armature con un contenuto di materiale riciclato di almeno il 70%. L'indagine ha inoltre permesso di individuare i tre principali produttori di barre d'armatura e di raccogliere dati sulle proprietà tecniche dei materiali da essi utilizzati.

Marca	Contenuto di riciclato
Alfa acciai	99%
Ferriere Nord	76,4%
Feralpi	91%

Confronto ambientale: Per individuare il materiale con il minore impatto ambientale sono state confrontate le prestazioni dei tre prodotti. Sulla base dei dati disponibili dagli EPD, è stato selezionato il prodotto di **Alfa acciai** in quanto rappresenta la soluzione più sostenibile grazie all'alto contenuto di riciclato e alle ridotte emissioni di CO_2 equivalente.

Marca	kg CO2e/kg (A1-A3)	Utilizzato
Alfa acciai	0,66	✓
Ferriere Nord	0,76	X
Feralpi	0,80	X

- **Elementi di carpenteria metallica**

  Descrizione: I profili in acciaio contribuiscono alle emissioni di CO_2 equivalente, principalmente a causa dell'energia necessaria per i processi di fusione e formatura. Nonostante ciò, l'acciaio offre vantaggi in termini di resistenza e durabilità. In alcuni casi, una struttura in acciaio può richiedere meno materiale rispetto a una struttura in cemento armato, rendendo così l'uso dell'acciaio più sostenibile, nonostante le elevate emissioni legate alla sua produzione. Inoltre, l'impiego di acciaio riciclato e di processi produttivi più efficienti può contribuire a ridurre l'impronta ecologica complessiva.

  Analisi di mercato: Dall'analisi di mercato è risultato che vi è un impegno predominante nell'utilizzare elementi di carpenteria con un contenuto di materiale riciclato di almeno il 70%. L'indagine ha inoltre permesso di individuare i due principali produttori di barre d'armatura e di raccogliere dati sulle proprietà tecniche dei materiali da essi utilizzati.

Marca	Contenuto di riciclato
Duferco	92%
Sideralba	70%

  Confronto ambientale: Per individuare il materiale con il minore impatto ambientale sono state confrontate le prestazioni dei due prodotti. Sulla base dei dati disponibili dagli EPD, è stato selezionato il prodotto di **Duferco** in quanto rappresenta la soluzione più sostenibile grazie all'alto contenuto di riciclato e alle ridotte emissioni di CO_2 equivalente.

Marca	kg CO2e/kg (A1-A3)	Utilizzato
Duferco	0,85	✓
Sideralba	N/A	X

- **Selezione di materiali edili a basso impatto:** Sono stati scelti materiali a basso impatto ambientale, certificati con EPD e con alto contenuto di riciclato, in alternativa a quelli tradizionalmente impiegati nel settore delle costruzioni. Materiali con certificazione EPD forniscono informazioni dettagliate sull'impatto ambientale dei prodotti, consentendo di fare scelte informate che minimizzano le emissioni dei gas climalteranti. Inoltre, i materiali con un alto contenuto di riciclato richiedono generalmente meno energia per essere prodotti rispetto ai materiali vergini, poiché il processo di recupero e lavorazione dei materiali riciclati è spesso meno energivoro.
  Di seguito sono riportati i principali materiali a basso impatto dotati di EPD selezionati nella progettazione dell'edificio per ridurre gli impatti ambientali:

  - **Pannello sandwich Marcegaglia**
    L'impatto dei pannelli sandwich utilizzati per il progetto di MXP1 è stato ridotto utilizzando i prodotti di **Marcegaglia** dotato di EPD e con impatto ambientale minore rispetto ai prodotti standard del mercato italiano. A dimostrazione di ciò, è riportata una tabella comparativa dell'emissioni di kg di $CO2_{eq}$.

Marca	kg CO2e/m³	Utilizzato
Marcegaglia	1,91E+02	✓
Qbiss	3,71E+02	X
Kingspan	7,11E+02	X
Isopan	3,69E+03	X

  - **Cartongessi Knauf e Siniat**
    L'impatto delle lastre in cartongesso utilizzate per il progetto di MXP1 è stato ridotto utilizzando i prodotti di **Knauf** e **Siniat** dotati di EPD e con impatto ambientale minore rispetto ai prodotti standard del mercato italiano. A dimostrazione di ciò, è riportata una tabella comparativa dell'emissioni di kg di $CO2_{eq}$.

Marca	kg CO2e/m³	Utilizzato
Siniat	2,64E+02	✓
Knauf	2,01E+02	✓
Fassa	2,76E+02	X

- **Profili metallici cartongessi**
  L'impatto dei profili metallici dei cartongessi utilizzati per il progetto di MXP1 è stato ridotto utilizzando i prodotti di **Knauf** e **Siniat** dotati di EPD e con impatto ambientale minore rispetto ai prodotti standard del mercato italiano. A dimostrazione di ciò, è riportata una tabella comparativa dell'emissioni di kg di $CO2_{eq}$.

Marca	kg CO2e/kg	Utilizzato
Siniat	1,25E+00	✓
Knauf	1,44E+00	✓
Atena	1,72E+00	X

- **Isolanti**
  L'impatto degli isolanti utilizzati per il progetto di MXP1 è stato ridotto utilizzando i prodotti di **Knauf** dotati di EPD e con impatto ambientale minore rispetto ai prodotti standard del mercato italiano. A dimostrazione di ciò, è riportata una tabella comparativa dell'emissioni di kg di $CO2_{eq}$.

Marca	kg CO2e/m² (R=1 m²K/W)	Utilizzato
Knauf	5,67E-01	✓
Saint-Gobain	1,33E+00	X
Rockwool (Comfortrock ID)	4,28E+00	X

- **Utilizzo di tecnologie costruttive avanzate:** Si è privilegiato l'uso di sistemi prefabbricati o a secco rispetto ai metodi tradizionali o in opera, aumentando l'efficienza e riducendo i tempi di costruzione. Il prefabbricato permette di ridurre gli sprechi e gli scarti rispetto alla costruzione in opera. Inoltre, permettono di ridurre i tempi di costruzioni e di conseguenza le emissioni dovute alla manodopera.
  Di seguito sono riportati i principali sistemi a secco adottati nel progetto:
  - Partizioni interne: Cartongesso su orditura metallica;
  - Controsoffitti: Cartongesso su orditura metallica;
  - Involucro e copertura: Pannelli Sandwich;

- **Approvvigionamento locale:** Sono stati privilegiati i materiali prodotti localmente. Questa scelta comporta una riduzione significativa delle emissioni andando a ridurre le distanze di trasporto, le quali rappresentano una parte significativa delle emissioni dei gas climalteranti di un progetto. Inoltre, i materiali locali possono essere più facilmente riutilizzati o riciclati, favorendo un approccio circolare che contribuisce a ridurre le emissioni complessive di un progetto.

4.4. Strategie impiantistiche

Sono state implementate numerose strategie progettuali e impiantistiche per contenere l'impatto energetico complessivo e migliorarne l'efficienza. Tra le principali misure adottate si segnalano:

- l'implementazione di sistemi di raffreddamento ad alta efficienza, come il free cooling;
- il contenimento delle corsie calde per evitare la miscelazione dell'aria e ottimizzare il raffreddamento;
- l'adozione di UPS e alimentatori ad alta efficienza, riducendo le perdite nella distribuzione di energia elettrica;
- l'adozione di trasformatori ad alta efficienza (Regolamento (UE) 2019/1783), riducendo le perdite nelle trasformazioni di energia elettrica;
- l'impiego di fonti di energia rinnovabile per ridurre l'impatto ambientale complessivo;
- l'ottimizzazione dell'illuminazione tramite lampade a LED e sistemi di controllo automatico, in grado di regolare il consumo in base agli effettivi fabbisogni operativi;
- vasca raccolta acque meteoriche.

Un indicatore chiave per la valutazione dell'efficienza energetica di un Data Center è il **PUE** (Power Usage Effectiveness), che rappresenta il rapporto tra l'energia totale assorbita dall'edificio e quella effettivamente utilizzata dalle apparecchiature IT. Un PUE più basso è indicativo di una maggiore efficienza complessiva. Grazie all'adozione delle soluzioni sopra descritte, è stato possibile contenere il valore di PUE annualizzato (**1,28**), contribuendo a una gestione energetica più sostenibile.

5. RISULTATI LCA DI MXP1

I risultati dell'analisi LCA condotta per il data center **MXP1** sono sintetizzati di seguito e sono distinti in base agli impatti dovuti dai soli materiali da costruzione e alla loro futura dismissione e quelli dovuti ai consumi energetici.

5.1. Riepilogo dei risultati LCA materiali – Embodied impact

La tabella evidenzia la **quantificazione dell'impatto ambientale totale**, attribuibile alla costruzione e dismissione dell'edificio e al ciclo di vita dei materiali utilizzati.

EMBODIED CARBON											
Fasi		**Impact category**									
		Global warming	Ozone Depletion	Acidification	Eutrophication			Formation of ozone	Abiotic depletion potential		Water use
		kg CO2eq	kg CFC11e	mol H+ eq	Fresh water kg P eq	Aquatic marine kg N eq	Terrestrial mol N eq	kg NMVOC eq.	Non fossil resources kg sbe	Fossil resources MJ	m^3
A1-A3	Materiali da costruzione	$1,41x10^7$	$7,87x10^{-1}$	$5,81x10^4$	$2,20x10^3$	$8,02x10^3$	$1,50x10^5$	$4,16x10^4$	$7,57x10^6$	$3,46x10^8$	$8,87x10^7$
A4	Trasporto al cantiere	$6,79x10^5$	$1,51x10^{-1}$	$1,05x10^3$	$4,30x10^1$	$1,26x10^2$	$1,37x10^3$	$5,79x10^2$	$1,53x10^3$	$1,22x10^7$	$2,47x10^1$
A5	Costruzione e installazione	$8,28x10^5$	$6,49x10^{-2}$	$2,96x10^3$	$1,32x10^2$	$4,24x10^2$	$7,54x10^3$	$2,14x10^3$	$1,39x10^5$	$9,34x10^6$	$4,46x10^5$
B1-B5	Manutenzione e sostituzione dei materiali	$7,83x10^5$	$1,21x10^{-1}$	$4,21x10^3$	$1,36x10^2$	$7,37x10^2$	$7,53x10^3$	$2,43x10^3$	$2,11x10^4$	$1,22x10^7$	$3,74x10^5$
C1-C4	Fine vita	$9,99x10^5$	$1,82x10^{-1}$	$1,70x10^3$	$6,29x10^1$	$6,29x10^1$	$2,5x10^3$	$9,22x10^2$	$5,15x10^3$	$2,13x10^7$	$2,48x10^5$

5.2. Riepilogo dei risultati LCA energia – Operational impact

La tabella evidenzia la **quantificazione dell'impatto ambientale totale**, attribuibile alle fasi di utilizzo e gestione dell'edificio.

OPERATIONAL IMPACT											
Fasi		**Impact category**									
		Global warming	Ozone Depletion	Acidification	Eutrophication			Formation of ozone	Abiotic depletion potential		Water use
		kg CO2eq	kg CFC11e	mol H+ eq	Fresh water kg P eq	Aquatic marine kg N eq	Terrestrial mol N eq	kg NMVOC eq.	Non fossil resources kg sbe	Fossil resources MJ	m^3
B6	Consumo energetico della fase d'uso	$1{,}10x10^{10}$	$1{,}10x10^{3}$	$3{,}47x10^{7}$	$5{,}94x10^{5}$	$9{,}89x10^{6}$	$1{,}07x10^{8}$	$2{,}95x10^{7}$	$7{,}21x10^{3}$	$1{,}63x10^{11}$	$3{,}69x10^{11}$

5.3. Grafici materiali - Embodied impact

5.3.1. Grafico 1: Global warming potential (GWP) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di riscaldamento globale (GWP) per ciascuna fase del ciclo di vita dei materiali, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le fasi **A1-A3** sono le principali responsabili delle emissioni di GWP.

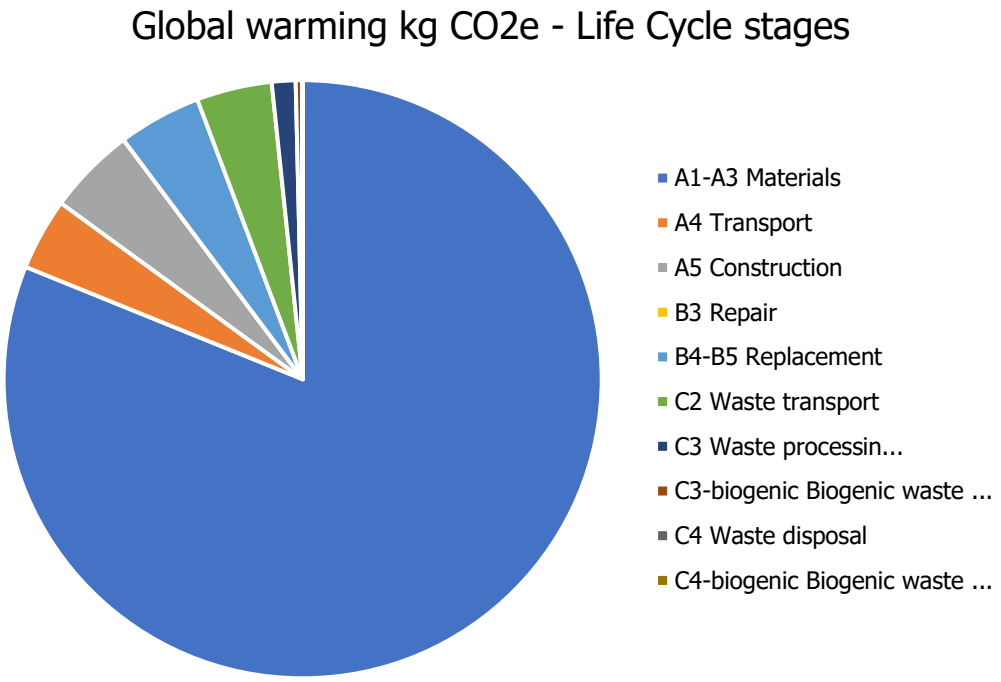


Grafico 1 - GWP per fase del ciclo vita

5.3.2. Grafico 2: Global warming potential (GWP) per elemento costruttivo

Il grafico seguente illustra il potenziale di riscaldamento globale (GWP) per ciascun elemento costruttivo, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le **strutture** (fondazioni, pilastri, travi ect) sono le principali responsabili delle emissioni di GWP.

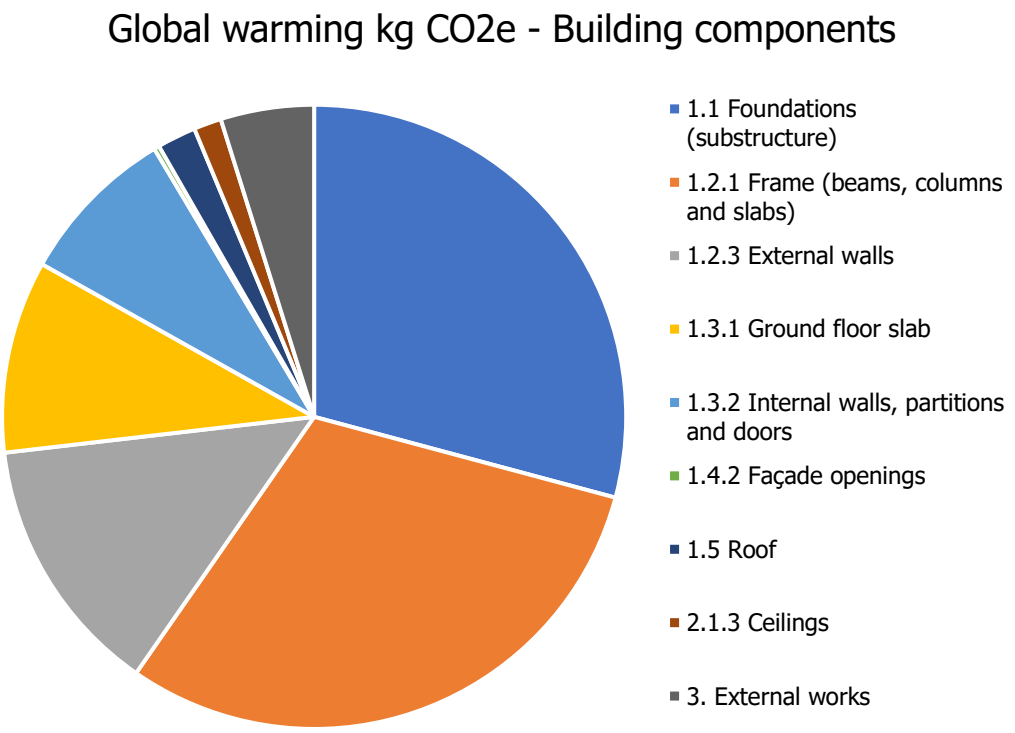


Grafico 2 - GWP per elemento costruttivo

5.3.3. Grafico 3: Ozone depletion potential (ODP) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di eliminazione dell'ozono (ODP) per ciascuna fase del ciclo di vita dei materiali, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le fasi **A1-A3** sono le principali responsabili.

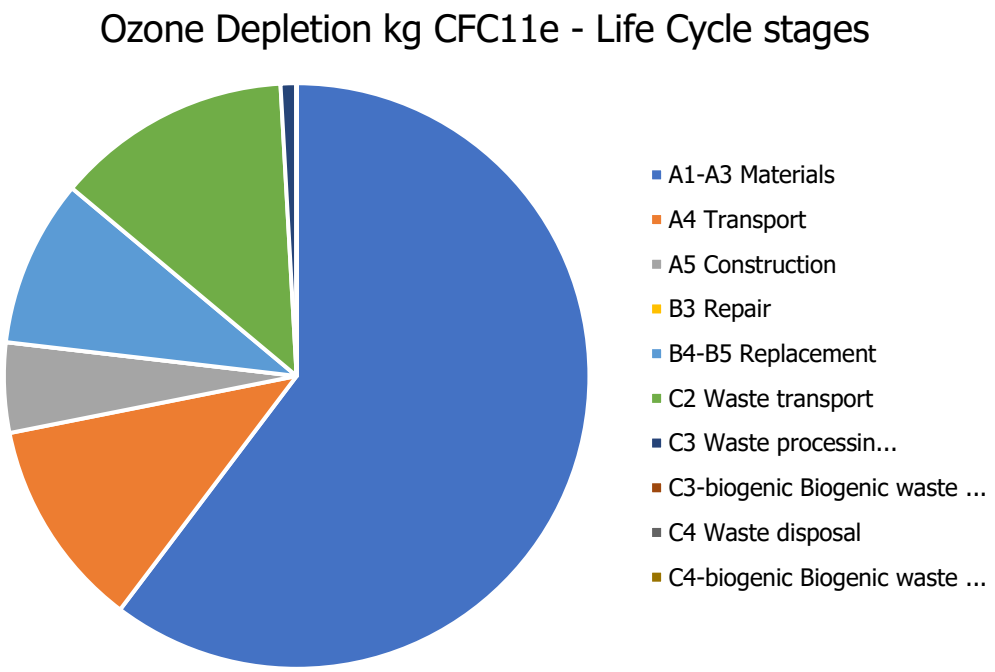


Grafico 3 - ODP per fase del ciclo di vita

5.3.4. Grafico 4: Ozone depletion potential (ODP) per elemento costruttivo

Il grafico seguente illustra il potenziale di eliminazione dell'ozono (ODP) per ciascun elemento costruttivo, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le **strutture** (fondazioni, pilastri, travi ect) sono le principali responsabili.

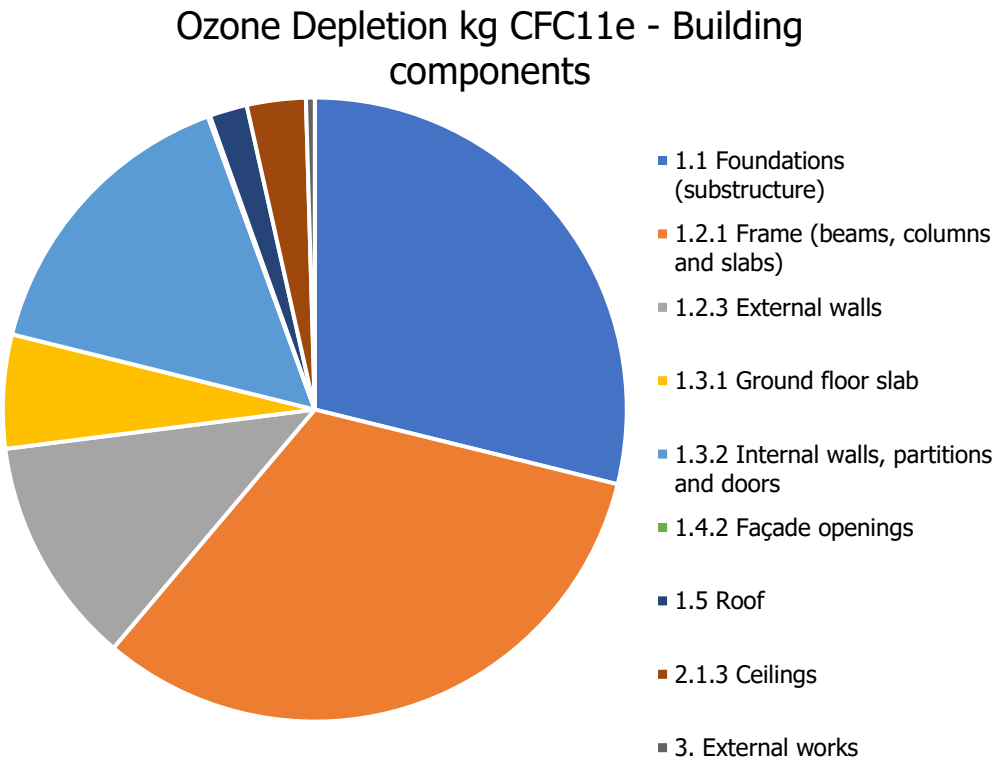


Grafico 4 - ODP per elemento costruttivo

5.3.5. Grafico 5: Acidification potential (AP) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di acidificazione (AP) per ciascuna fase del ciclo di vita dei materiali, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le fasi **A1-A3** sono le principali responsabili delle emissioni di ossidi di zolfo.

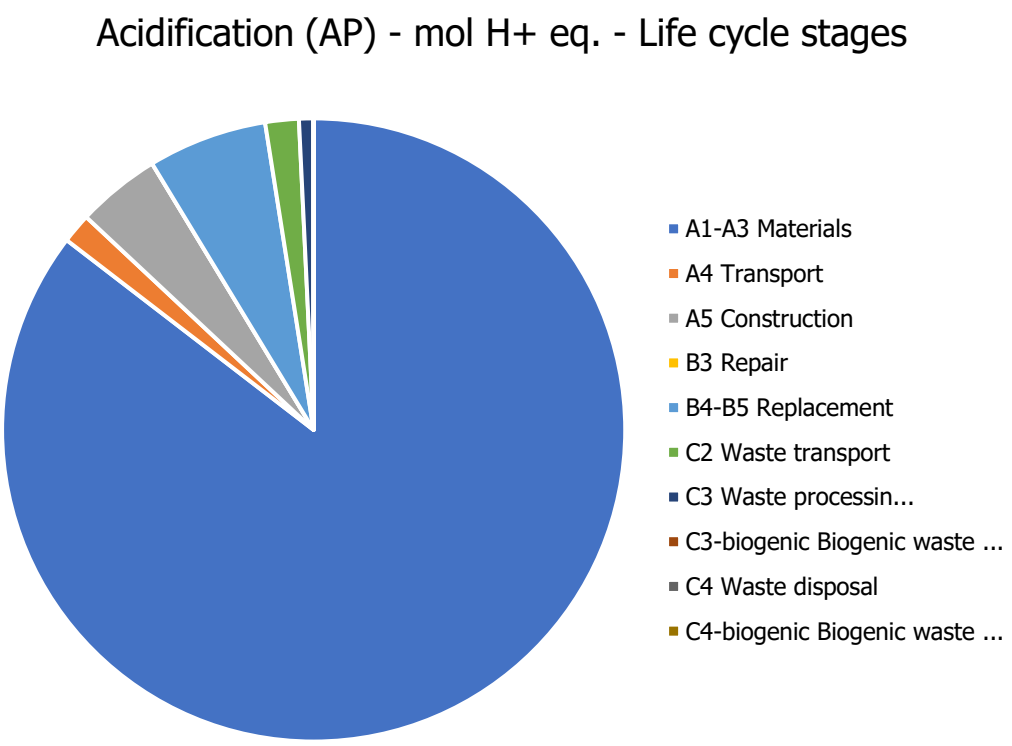


Grafico 5 - AP per fase del ciclo di vita

5.3.6. Grafico 6: Acidification potential (AP) per elemento costruttivo

Il grafico seguente illustra il potenziale di acidificazione (AP) per ciascun elemento costruttivo, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le **strutture** (fondazioni, pilastri, travi ect) sono le principali responsabili delle emissioni di ossidi di zolfo.

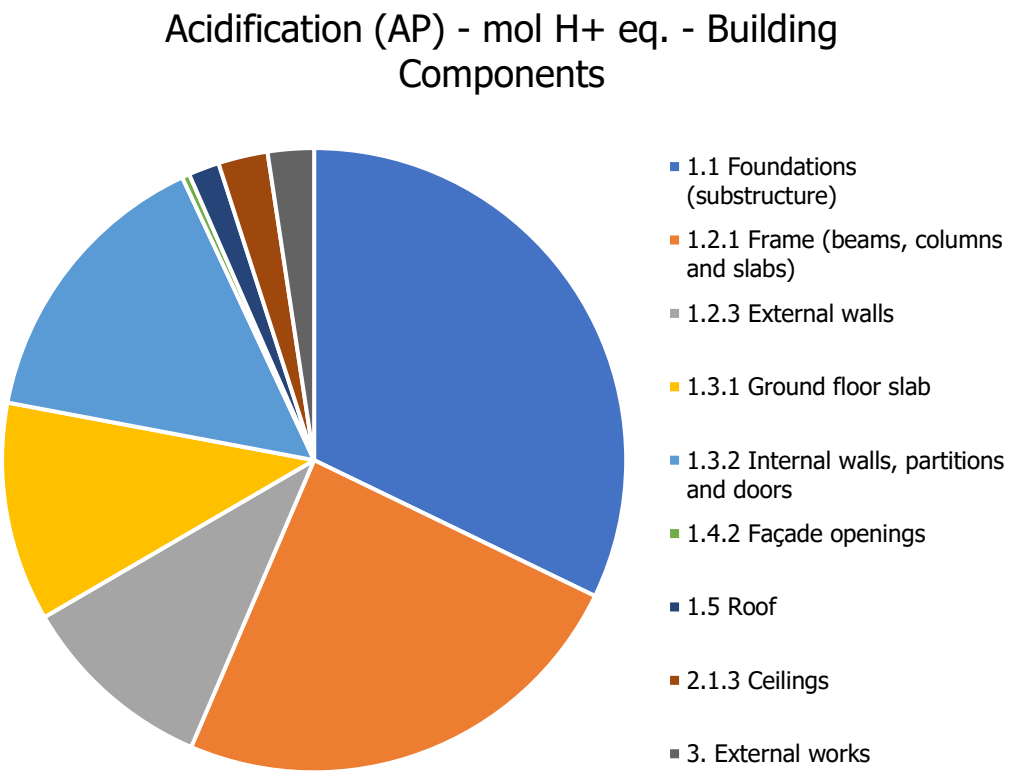


Grafico 6 - AP per elemento costruttivo

5.3.7. Grafico 7: Eutrophication potential – fresh water (EP – fresh water) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di eutrofizzazione (EP) per ciascuna fase del ciclo di vita dei materiali, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le fasi **A1-A3** sono le principali responsabili delle emissioni gassose che comportano il rilascio di fosfati.

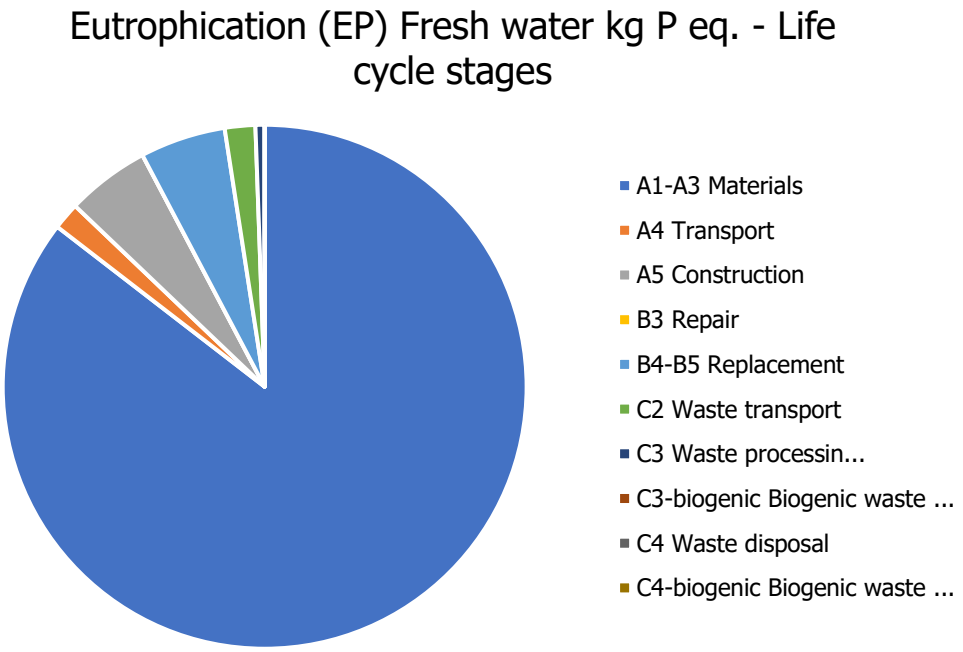


Grafico 7 - EP per fase del ciclo di vita

5.3.8. Grafico 8: Eutrophication potential – fresh water (EP – fresh water) per elemento costruttivo

Il grafico seguente illustra il potenziale di eutrofizzazione (EP) per ciascun elemento costruttivo, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le **aree esterne** (strade, marciapiedi, parcheggi etc.) sono le principali responsabili delle emissioni gassose che comportano il rilascio di fosfati.

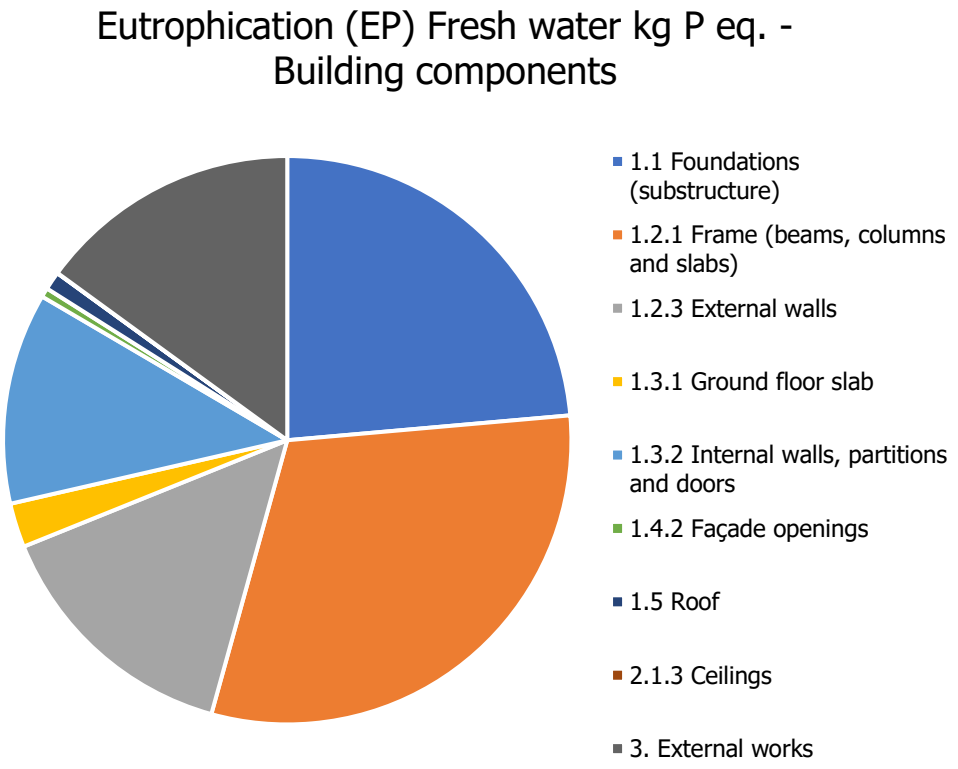


Grafico 8 - EP per elemento costruttivo

5.3.9. Grafico 9: Eutrophication potential – acquatic marine (EP – acquatic marine) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di eutrofizzazione (EP) per ciascuna fase del ciclo di vita dei materiali, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le fasi **A1-A3** sono le principali responsabili delle emissioni gassose che comportano il rilascio di fosfati.

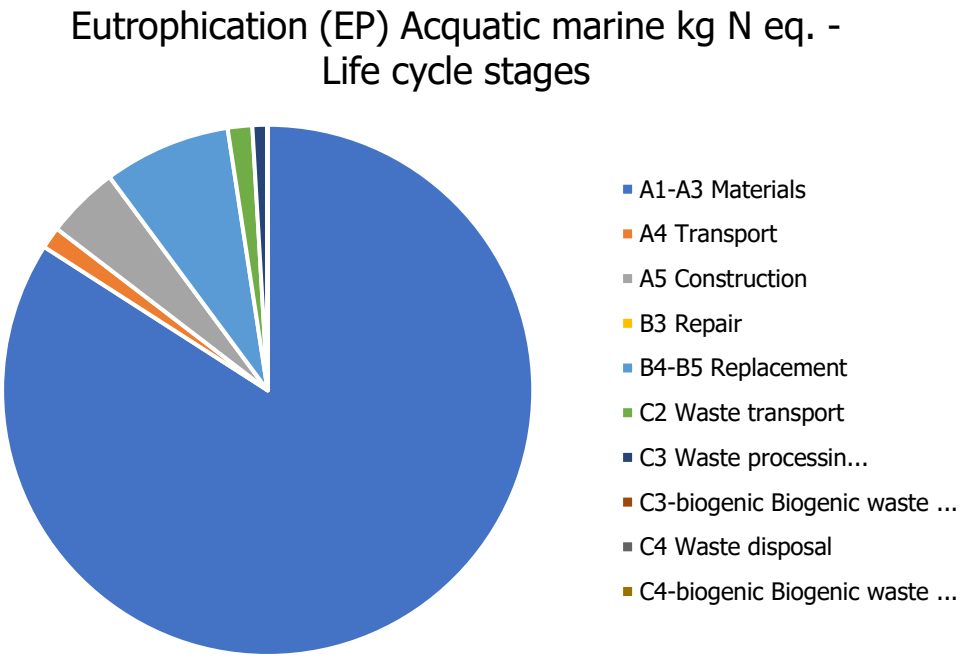


Grafico 9 - EP per fase del ciclo di vita

5.3.10. Grafico 10: Eutrophication potential – acquatic marine (EP – acquatic marine) per elemento costruttivo

Il grafico seguente illustra il potenziale di eutrofizzazione (EP) per ciascun elemento costruttivo, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le **strutture** (fondazioni, pilastri, travi ect) sono le principali responsabili delle emissioni gassose che comportano il rilascio di fosfati.

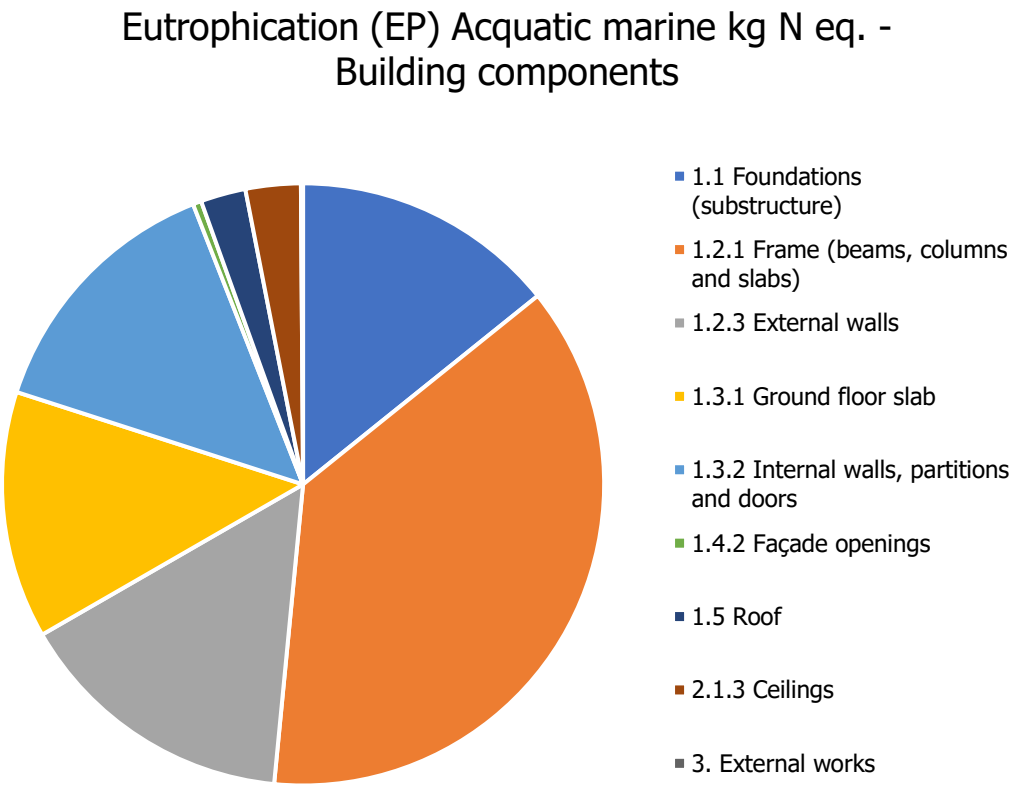


Grafico 10 - EP per elemento costruttivo

5.3.11. Grafico 11: Eutrophication potential – terrestrial (EP – terrestrial) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di eutrofizzazione (EP) per ciascuna fase del ciclo di vita dei materiali, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le fasi **A1-A3** sono le principali responsabili delle emissioni gassose che comportano il rilascio di fosfati.

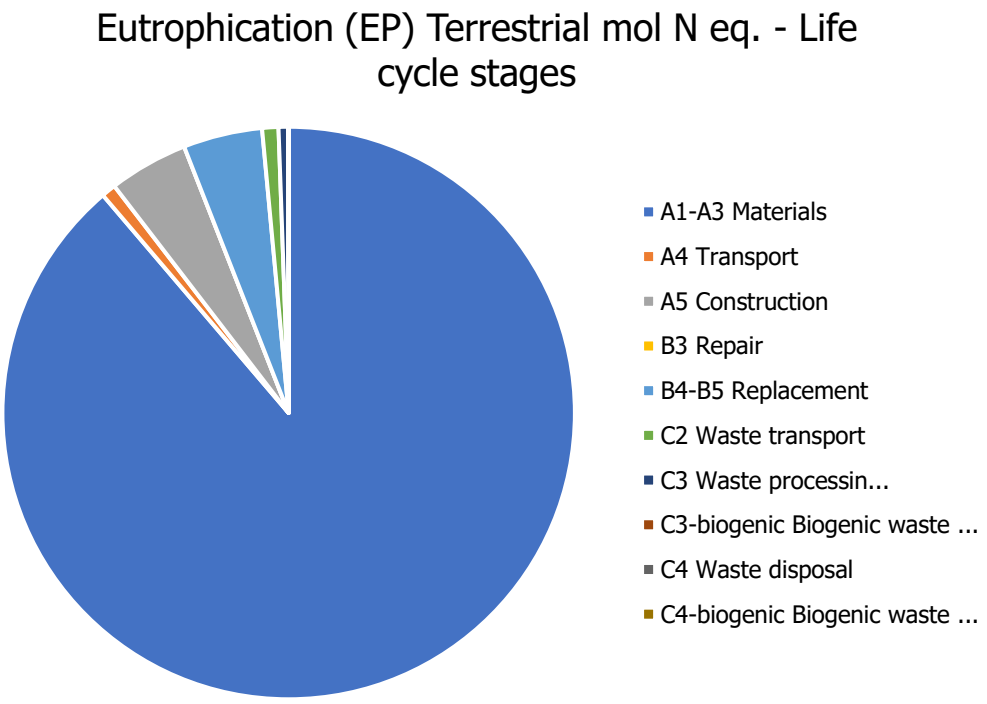


Grafico 11 - EP per fase del ciclo di vita

5.3.12. Grafico 12: Eutrophication potential – terrestrial (EP – terrestrial) per elemento costruttivo

Il grafico seguente illustra il potenziale di eutrofizzazione (EP) per ciascun elemento costruttivo, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le **strutture** (fondazioni, pilastri, travi ect) sono le principali responsabili delle emissioni gassose che comportano il rilascio di fosfati.

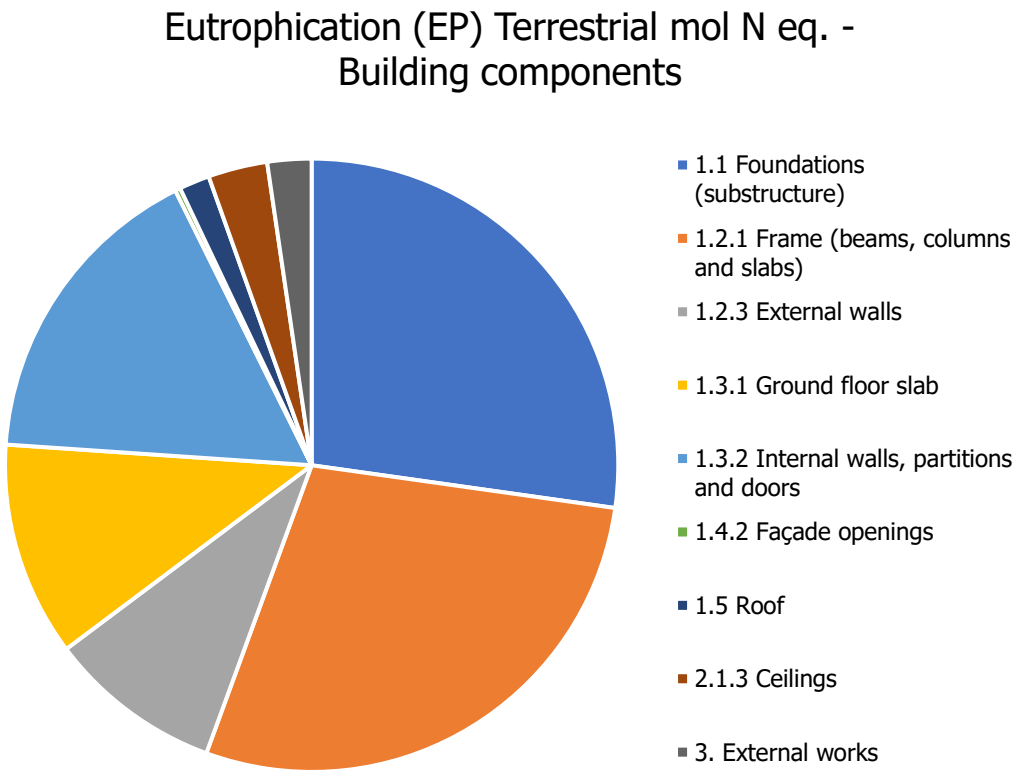


Grafico 12 - EP per elemento costruttivo

5.3.13. Grafico 13: Formation of ozone of lower atmosphere (POCP) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di formazione di ozono fotochimico (POCP) per ciascuna fase del ciclo di vita dei materiali, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le fasi **A1-A3** sono le principali responsabili delle emissioni degli inquinanti primari, ossia ossidi di azoto e composti organici volatili.

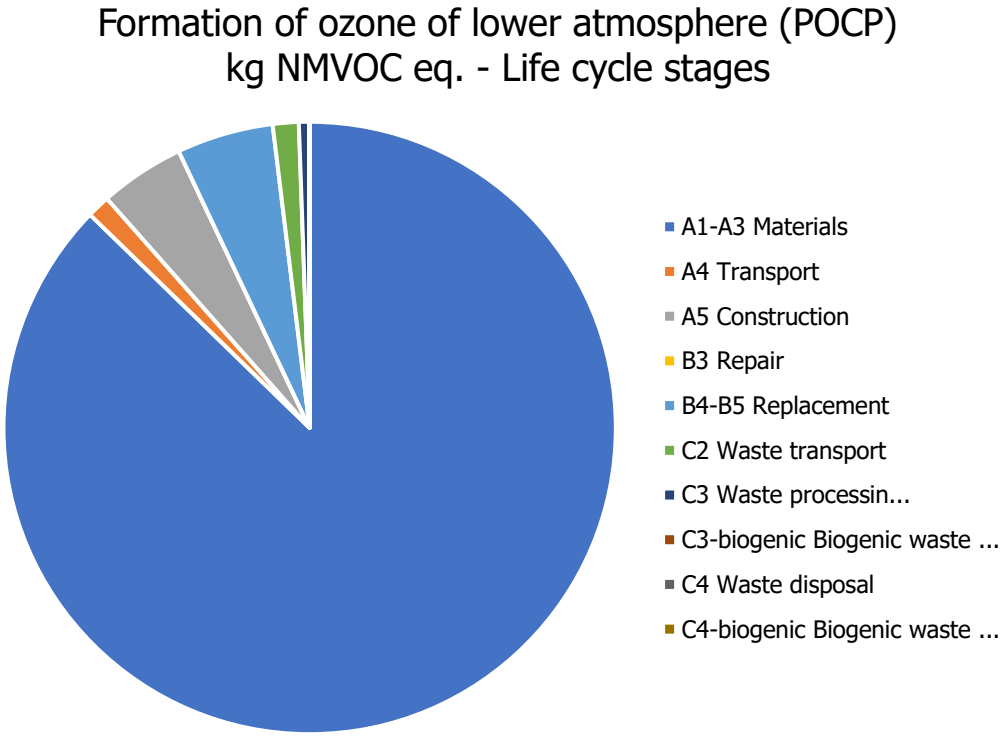


Grafico 13 - POCP per fasi del ciclo di vita

5.3.14. Grafico 14: Formation of ozone of lower atmosphere (POCP) per elemento costruttivo

Il grafico seguente illustra il potenziale di formazione di ozono fotochimico (POCP) per ciascun elemento costruttivo, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le **strutture** (fondazioni, pilastri, travi ect) sono le principali responsabili delle emissioni degli inquinanti primari, ossia ossidi di azoto e composti organici volatili.

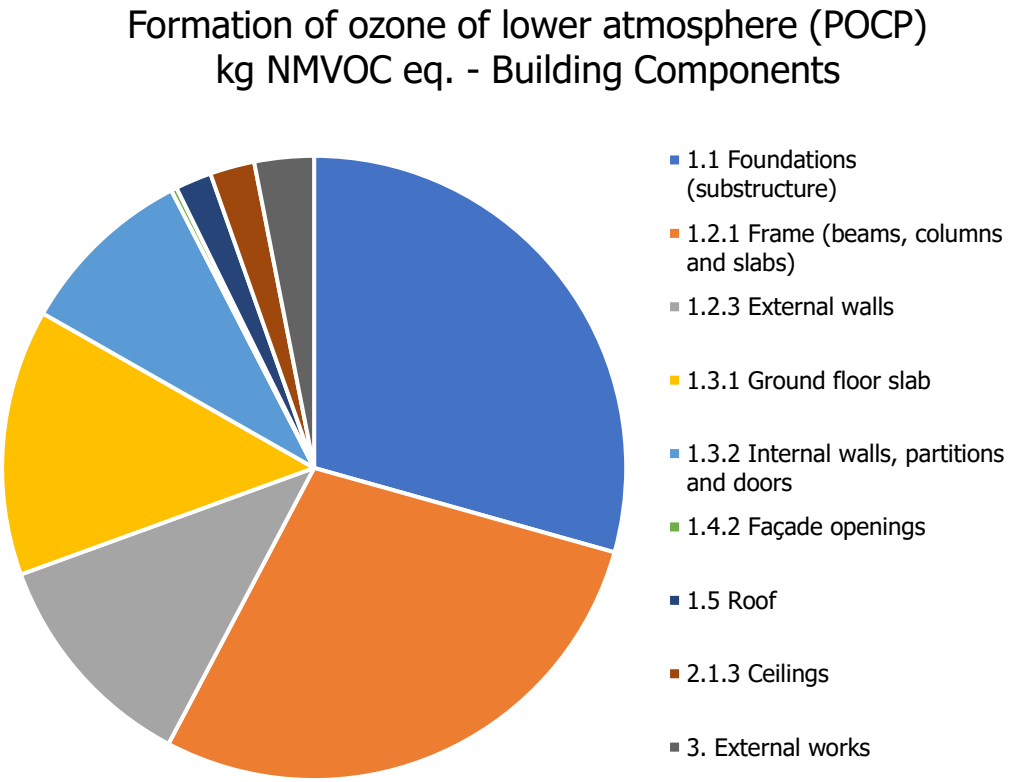


Grafico 14 - POCP per elemento costruttivo

5.3.15. Grafico 15: Abiotic depletion potential – non fossil (ADP – non fossil) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di deplezione delle risorse abiotiche (ADP) non fossili per ciascuna fase del ciclo di vita dei materiali, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le fasi **A1-A3** sono le principali responsabili del consumo delle risorse abiotiche non fossili, ossia metalli, minerali e rocce.

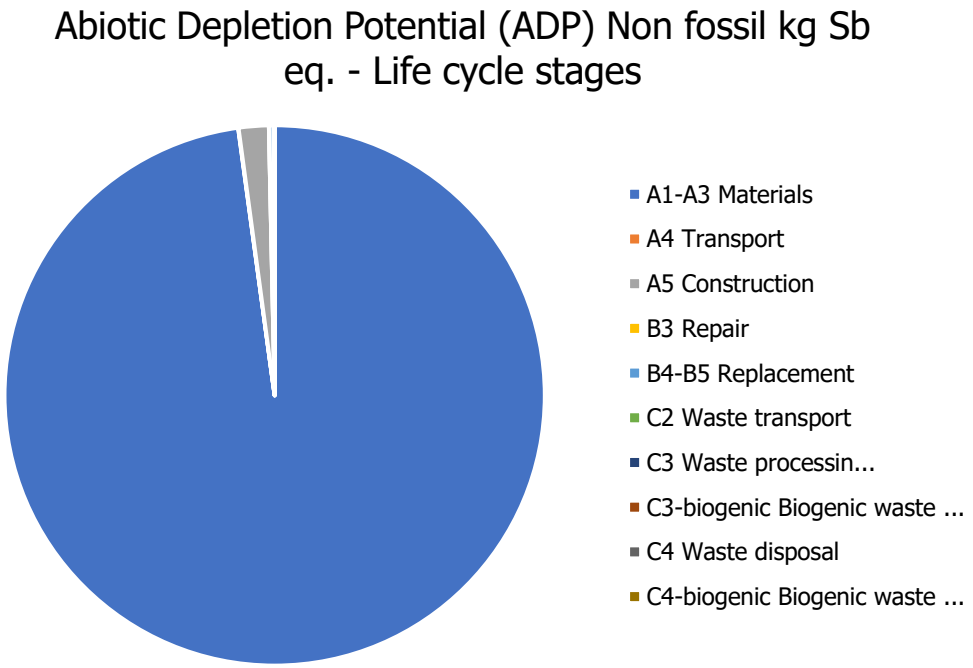


Grafico 15 - ADP per fasi del ciclo di vita

5.3.16. Grafico 16: Abiotic depletion potential – non fossil (ADP – non fossil) per elemento costruttivo

Il grafico seguente illustra il potenziale di deplezione delle risorse abiotiche (ADP) non fossili per ciascun elemento costruttivo, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che i **muri esterni** sono i principali responsabili del consumo delle risorse abiotiche non fossili, ossia metalli, minerali e rocce.

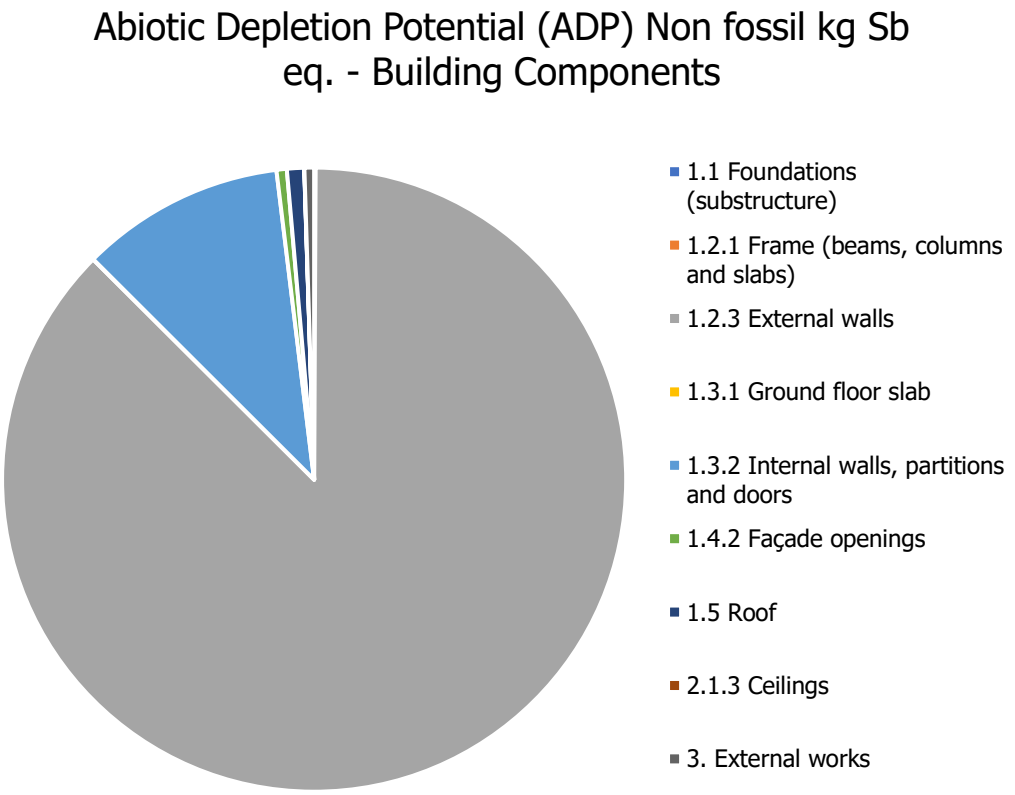


Grafico 16 - ADP per elemento costruttivo

5.3.17. Grafico 17: Abiotic depletion potential – fossil (ADP – fossil) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di deplezione delle risorse abiotiche (ADP) fossili per ciascuna fase del ciclo di vita dei materiali, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le fasi **A1-A3** sono le principali responsabili del consumo delle risorse abiotiche fossili, ossia petrolio e carbone.

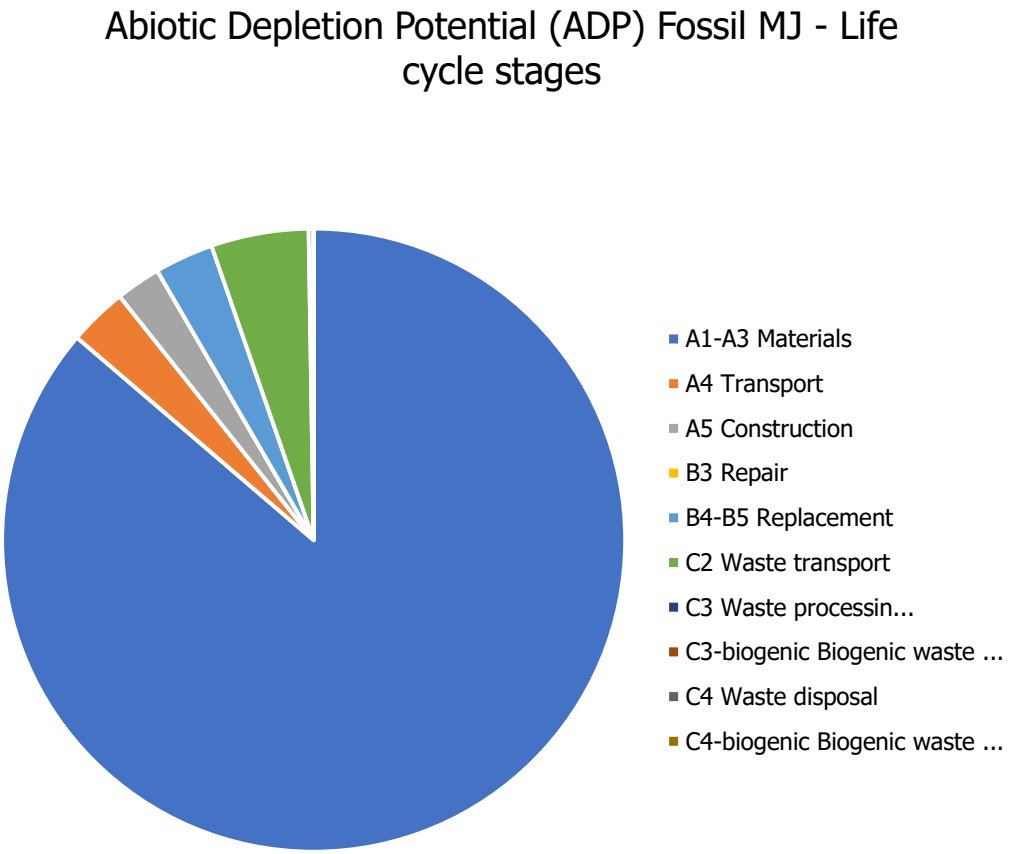


Grafico 17 - ADP per fasi del ciclo di vita

5.3.18. Grafico 18: Abiotic depletion potential – fossil (ADP – fossil) per elemento costruttivo

Il grafico seguente illustra il potenziale di deplezione delle risorse abiotiche (ADP) fossili per ciascun elemento costruttivo, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le **lavorazioni esterne** sono le principali responsabili del consumo delle risorse abiotiche fossili, ossia petrolio e carbone.

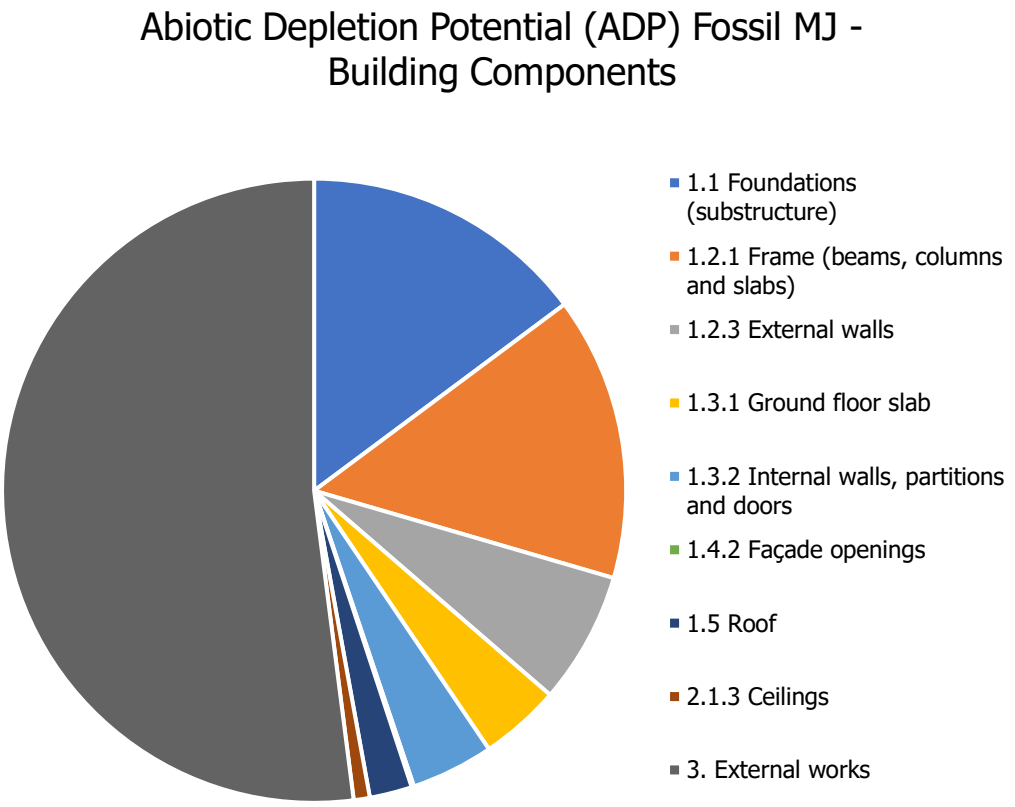


Grafico 18 - ADP per elemento costruttivo

5.3.19. Grafico 19: Water use per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il consumo d'acqua per ciascuna fase del ciclo di vita dei materiali, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le fasi **A1-A3** sono le principali responsabili del consumo d'acqua.

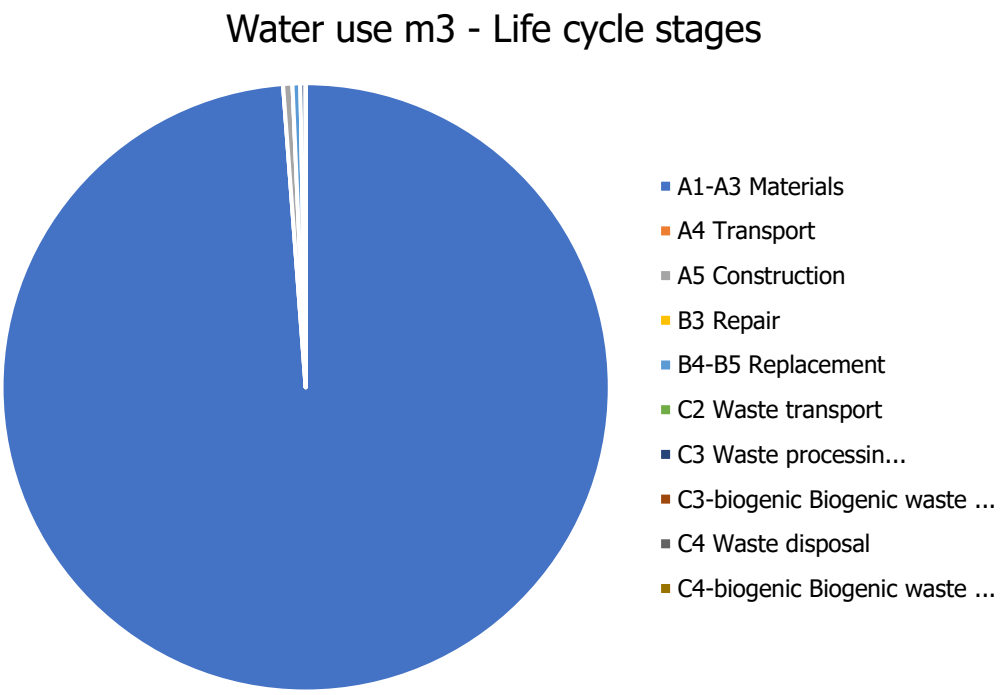


Grafico 19 - Water use per fasi del ciclo vita

5.3.20. Grafico 20: Water use per elemento costruttivo

Il grafico seguente illustra il consumo d'acqua per ciascun elemento costruttivo, considerando esclusivamente l'embodied impact. Dai risultati emerge chiaramente che le **strutture** (fondazioni, pilastri, travi ect) sono le principali responsabili del consumo d'acqua.

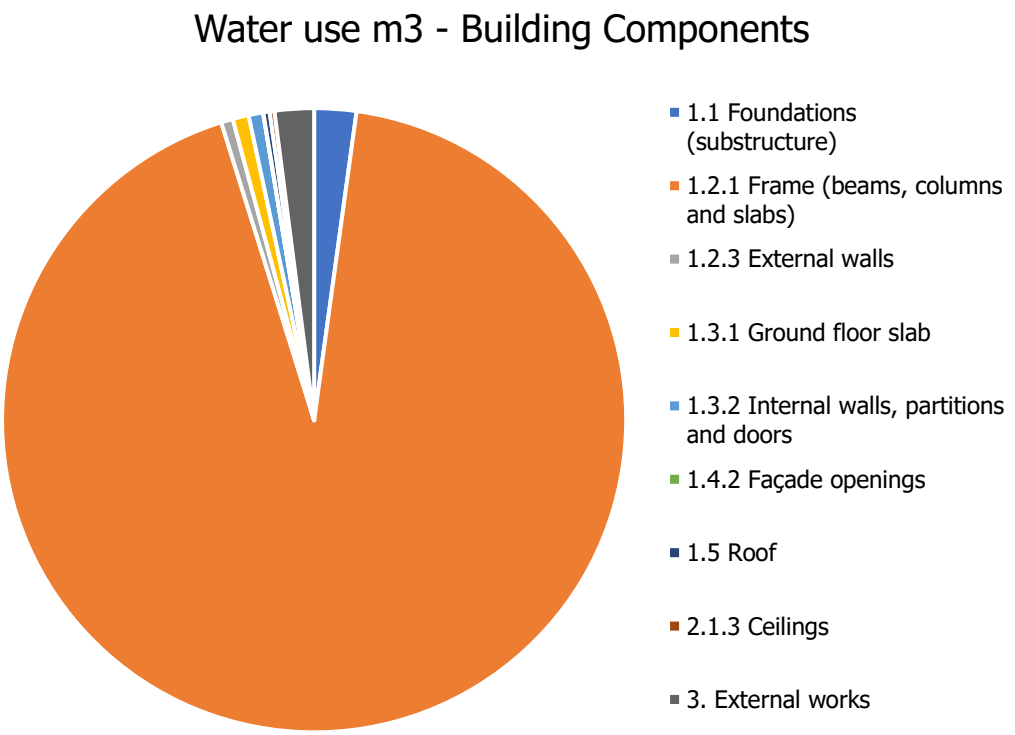


Grafico 20 - Water use per elemento costruttivo

5.3.21. Grafici energia - Operational impact

5.3.22. Grafico 21: Global warming potential (GWP) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di riscaldamento globale (GWP) per ciascuna fase del ciclo di vita, confrontando l'embodied e l'operational impact. Dai risultati emerge chiaramente che la fase **B6** è la principale responsabile delle emissioni di GWP.

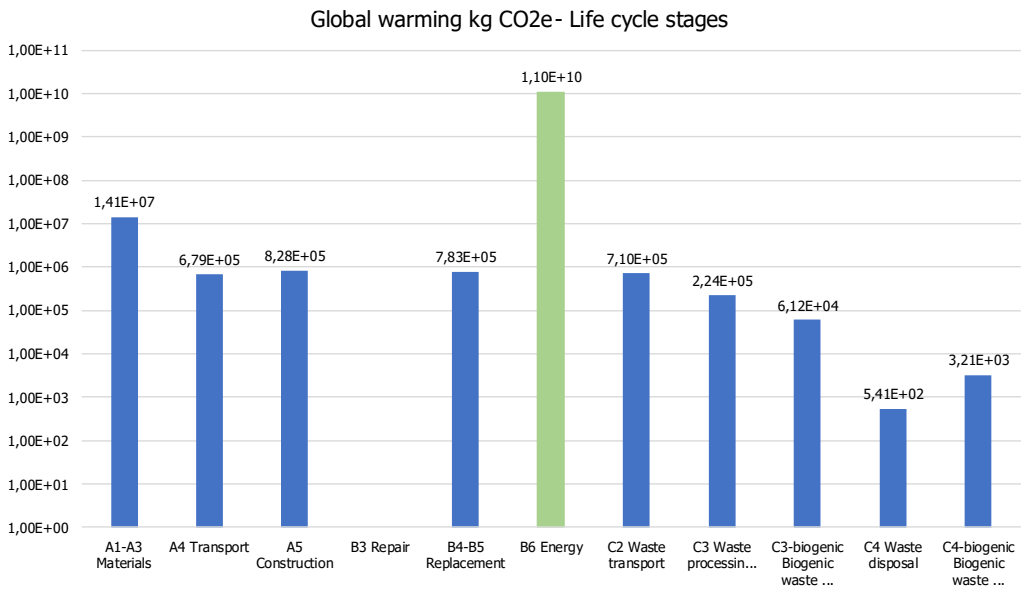


Grafico 21 - Confronto GWP tra embodied e operational impact

5.3.23. Grafico 22: Ozone depletion potential (ODP) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di eliminazione dell'ozono (ODP) per ciascuna fase del ciclo di vita, confrontando l'embodied e l'operational impact. Dai risultati emerge chiaramente che la fase **B6** è la principale responsabile delle emissioni.

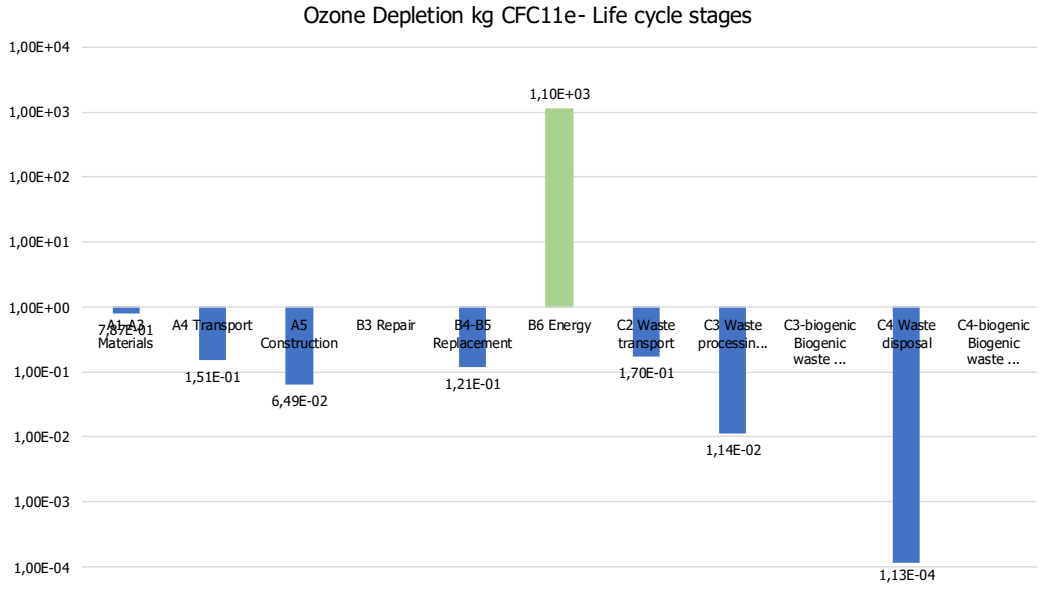


Grafico 22 - Confronto ODP tra embodied e operational impact

5.3.24. Grafico 23: Acidification potential (AP) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di acidificazione (AP) per ciascuna fase del ciclo di vita, confrontando l'embodied e l'operational impact. Dai risultati emerge chiaramente che la fase **B6** è la principale responsabile delle emissioni di ossidi di zolfo.

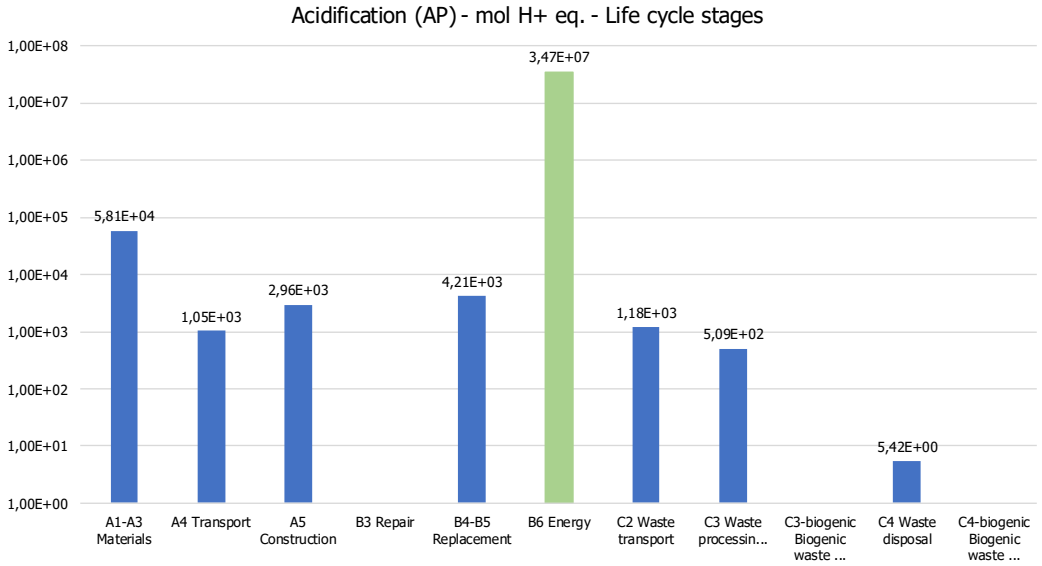


Grafico 23 - Confronto AP tra embodied e operational impact

5.3.25. Grafico 24: Eutrophication potential – fresh water (EP – fresh water) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di eutrofizzazione (EP – fresh water) per ciascuna fase del ciclo di vita, confrontando l'embodied e l'operational impact. Dai risultati emerge chiaramente che la fase **B6** è la principale responsabile delle emissioni gassose che comportano il rilascio di fosfati.

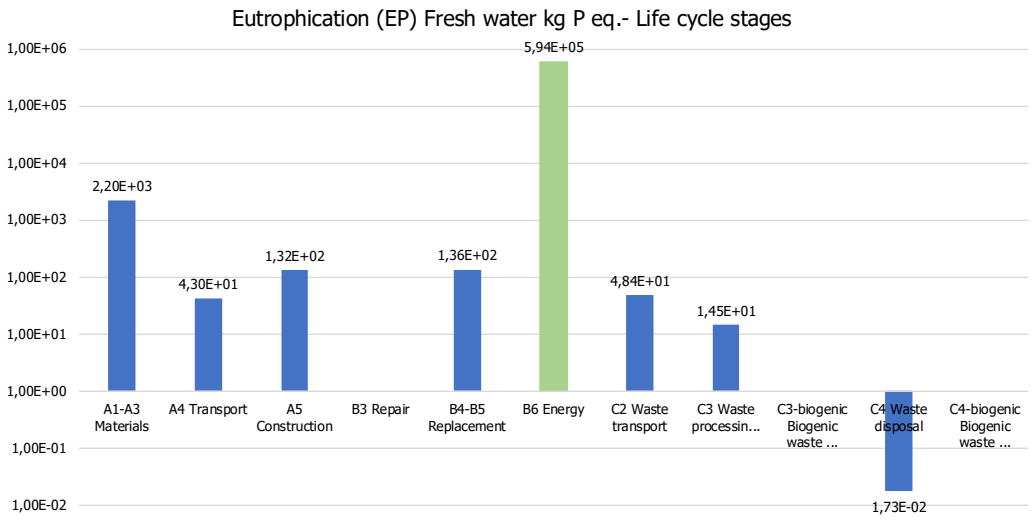


Grafico 24 - Confronto EP tra embodied e operational impact

5.3.26. Grafico 25: Eutrophication potential – acquatic marine (EP – acquatic marine) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di eutrofizzazione (EP – acquatic marine) per ciascuna fase del ciclo di vita, confrontando l'embodied e l'operational impact. Dai risultati emerge chiaramente che la fase **B6** è la principale responsabile delle emissioni gassose che comportano il rilascio di fosfati

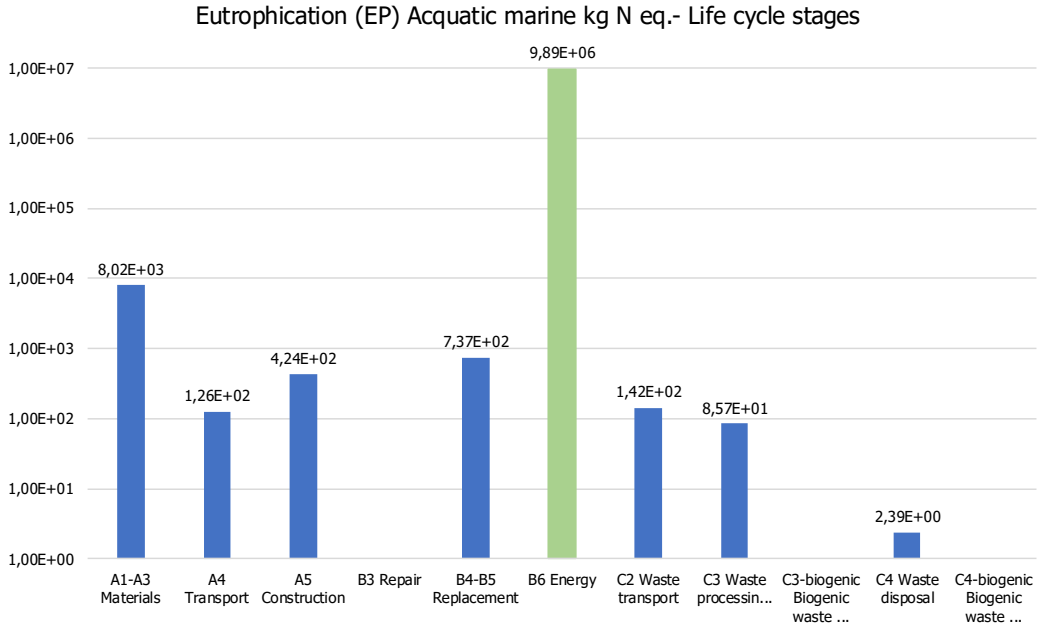


Grafico 25 - Confronto EP tra embodied e operational impact

5.3.27. Grafico 26: Eutrophication potential – terrestrial (EP – terrestrial) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di eutrofizzazione (EP – terrestrial) per ciascuna fase del ciclo di vita, confrontando l'embodied e l'operational impact. Dai risultati emerge chiaramente che la fase **B6** è la principale responsabile delle emissioni gassose che comportano il rilascio di fosfati.

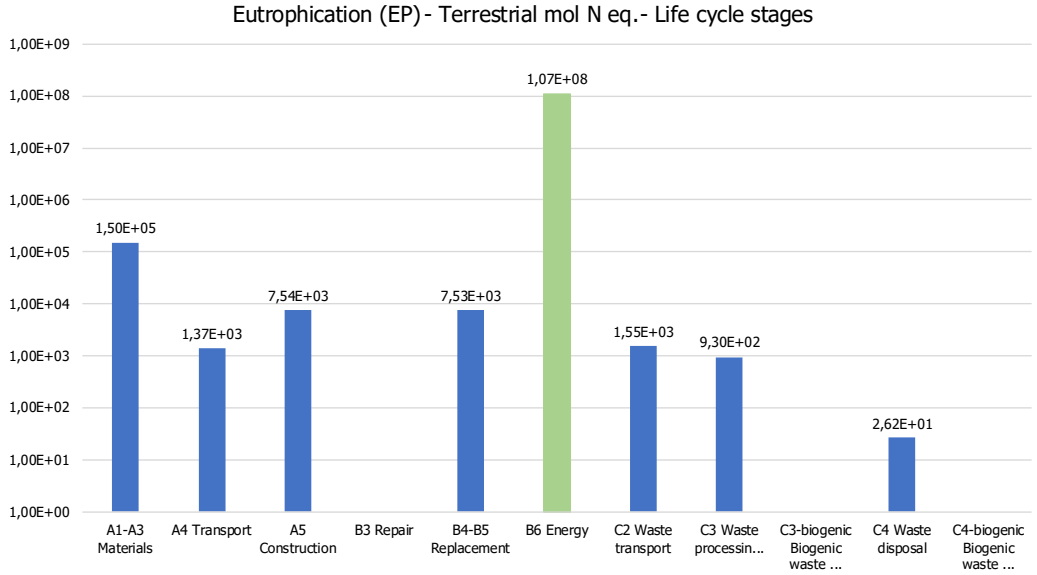


Grafico 26 - Confronto EP tra embodied e operational impact

5.3.28. Grafico 27: Formation of ozone of lower atmosphere (POCP) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale di formazione di ozono fotochimico (POCP) per ciascuna fase del ciclo di vita, confrontando l'embodied e l'operational impact. Dai risultati emerge chiaramente che la fase **B6** è la principale responsabile delle emissioni degli inquinanti primari, ossia ossidi di azoto e composti organici volatili.

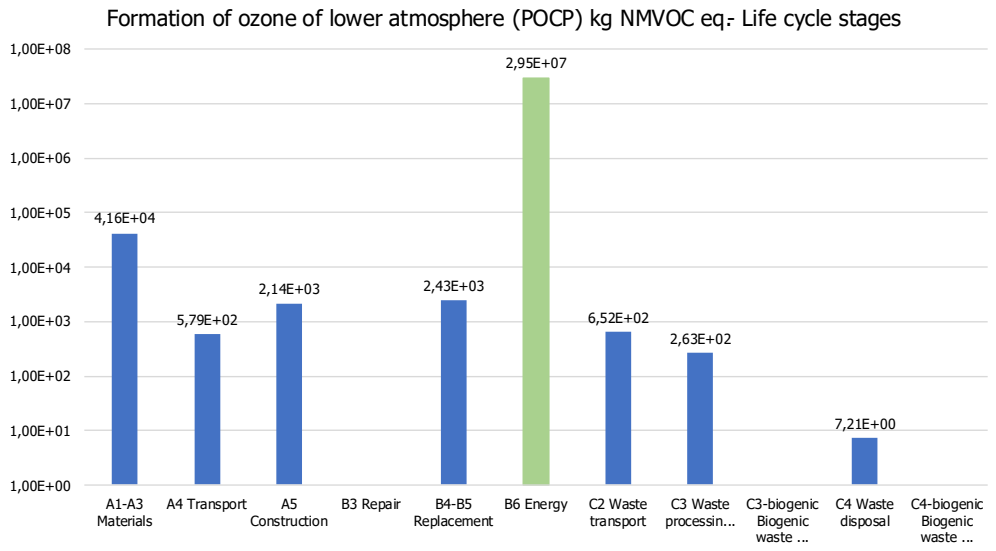


Grafico 27 - Confronto POCP tra embodied e operational impact

5.3.29. Grafico 28: Abiotic depletion potential – non fossil (ADP – non fossil) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale deplezione delle risorse abiotiche (ADP) non fossili per ciascuna fase del ciclo di vita, confrontando l'embodied e l'operational impact. Dai risultati emerge chiaramente che le fasi **A1-A3** sono le principali responsabili del consumo di risorse abiotiche non fossili, ossia metalli, minerali e rocce.

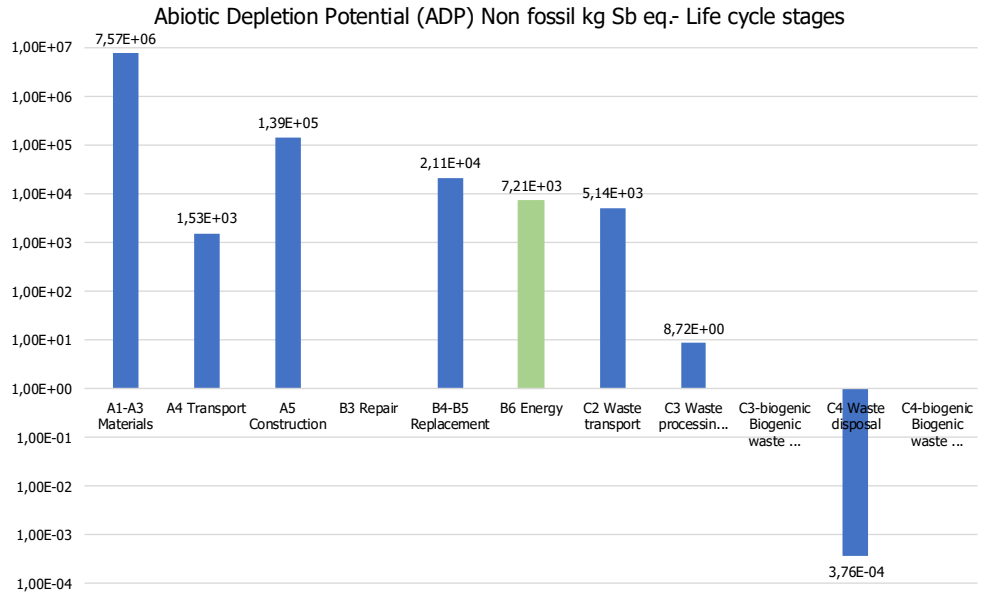


Grafico 28 - Confronto ADP tra embodied e operational impact

5.3.30. Grafico 29: Abiotic depletion potential – fossil (ADP – fossil) per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il potenziale deplezione delle risorse abiotiche (ADP) fossili per ciascuna fase del ciclo di vita, confrontando l'embodied e l'operational impact. Dai risultati emerge chiaramente che la fase **B6** è la principale responsabile del consumo di risorse abiotiche fossili, ossia petrolio e carbone.

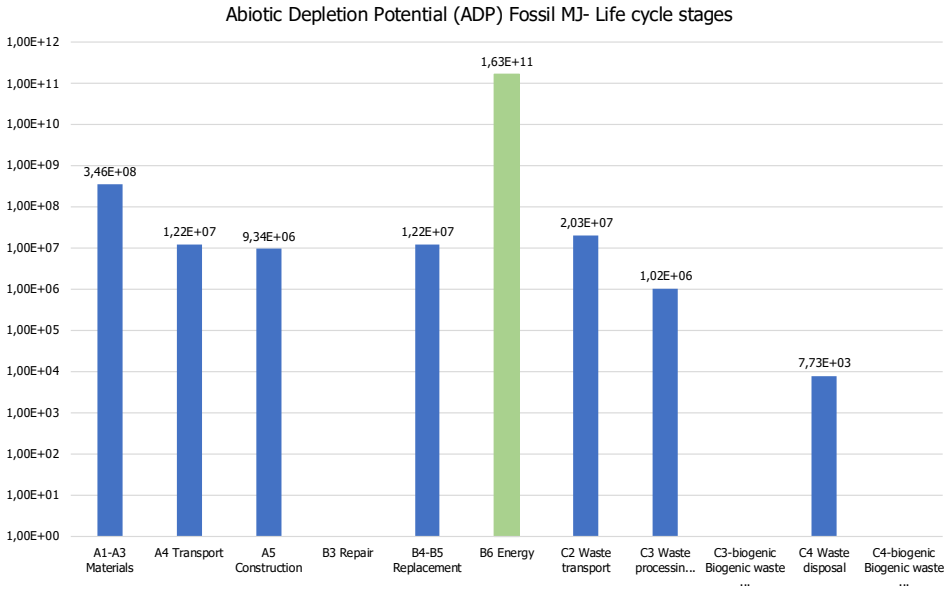


Grafico 29 - Confronto ADP tra embodied e operational impact

5.3.31. Grafico 29: Water use per fase del ciclo di vita

Il grafico seguente illustra il consumo d'acqua per ciascuna fase del ciclo di vita, confrontando l'embodied e l'operational impact. Dai risultati emerge chiaramente che la fase **B6** è la principale responsabile del consumo d'acqua.

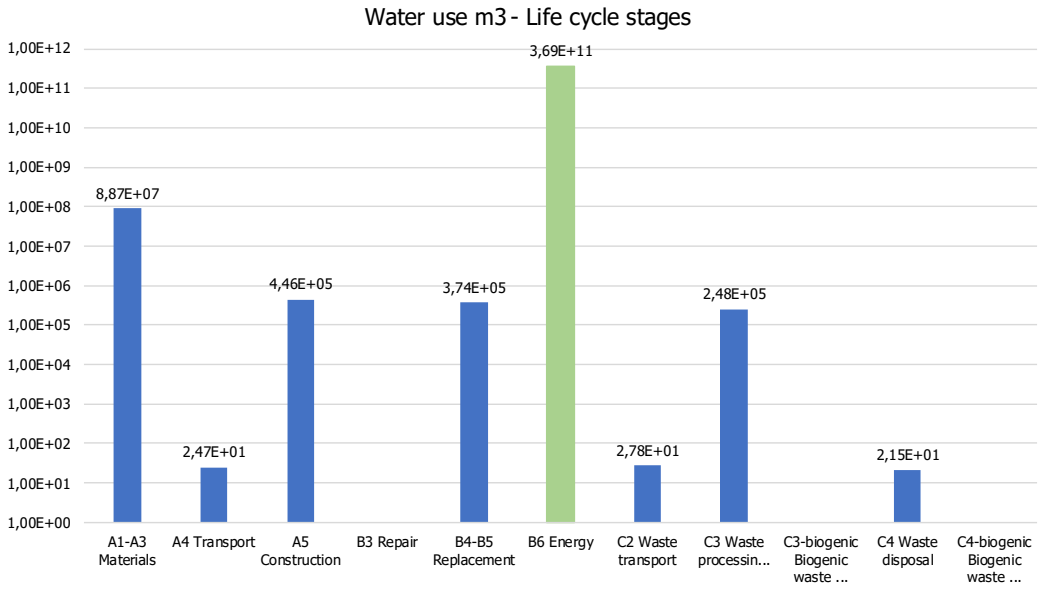


Grafico 30 - Confronto Water use tra embodied e operational impact

5.4. Considerazioni finali

Dall'analisi condotta, è emerso che per il **Data Center MXP1** le fasi del ciclo di vita dei materiali che esercitano la maggiore influenza sulle categorie di impatto esaminate sono A1 (estrazione e produzione dei materiali), A2 (trasporto dei materiali) e A3 (produzione dell'opera). Invece, le **strutture** si confermano come l'elemento costruttivo con il maggiore impatto ambientale.
Complessivamente, le emissioni legate alla fase B6 (Consumi energetici nella fase di uso) sono predominanti rispetto alle altre poiché, trattandosi di un Data Center, l'edificio è caratterizzato da consumi energetici molto elevati in fase di esercizio.
Alla luce di questi risultati, è fondamentale sottolineare **l'efficacia delle strategie adottate**, che sono state specificamente orientate verso la scelta di materiali sostenibili a seguito di un'accurata analisi di mercato, prediligendo l'uso di strutture prefabbricate, considerate meno impattanti rispetto a quelle in calcestruzzo gettato in opera e l'implementazione di strategie impiantistiche volte a contenere l'impatto energetico complessivo. Queste scelte si sono rivelate particolarmente utili, poiché mirano **a ridurre gli impatti nelle fasi e negli elementi più significativi**, confermando l'importanza di approcci progettuali consapevoli e responsabili.